

**AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LAS LINEAS DE ENVASADO
DE NAPROLAB S.A.**

VÍCTOR ANDRÉS ERAZO ACEVEDO

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012**

**AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LAS LINEAS DE ENVASADO
DE NAPROLAB S.A.**

VÍCTOR ANDRÉS ERAZO ACEVEDO.

**Pasantía Institucional para optar al título de
Ingeniero Industrial**

**Director
ALEJANDRO SILVA PERDOMO
Ingeniero Industrial M.A.**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Industrial.

ALEXANDER ARAGON

Jurado

LUIS ALBERTO GARCÍA

Jurado

Santiago De Cali, 20 de Marzo de 2012

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	10
INTRODUCCION	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. JUSTIFICACION	16
2.1 EMPRESA	16
2.2 SOCIAL	16
3. ANTECEDENTES	17
4. MARCO TEORICO	21
4.1 PRODUCTIVIDAD	21
4.2 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	22
4.3 ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS	24
4.3.1 Medios gráficos para el análisis de métodos	27
4.3.1.1 Diagrama operaciones de proceso	27
4.3.1.2 Diagrama de flujo de proceso	29
4.3.1.3 Diagrama recorrido de proceso	29
4.3.1.4 Diagrama Hombre-Máquina	30
4.3.1.5 Diagrama Bimanual	30

5. OBJETIVOS	34
5.1 OBJETIVO GENERAL	34
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
6. MÉTODOLOGIA	35
6.1 FASE 1. ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA PRODUCTIVA	35
6.2 FASE 2. ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS	36
6.3 FASE 3. ANÁLISIS DE CARGA DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN DE TAREAS	36
7. DESARROLLO Y DISCUSIÓN	38
7.1 ESTUDIO DE DISTRIBUCION DE PLANTA	38
7.2 ESTUDIO DE MÉTODOS	45
7.3 ESTUDIO DE TIEMPOS	49
8. CONCLUSIONES	74
9. RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFIA	79
ANEXOS	81
ANEXO A. TABLA SUPLEMENTOS	

**ANEXO B. PLANO DE DISTRIBUCION DE PLANTA PROPUESTO
DE NAPROLAB S.A.**

**ANEXO C. PRONOSTICO DE PRODUCCION POR
SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL TRIPLE PARA EL AÑO 2012**

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Símbolos de los diagramas de proceso	27
Cuadro 2. Cotización de maquinaria requerida para adecuaciones	42
Cuadro 3. Rangos de ciclos de tiempo de la General Electric	50
Cuadro 4. Tabulado tiempo de llenado vs presentaciones	51
Cuadro 5. Tabulación tiempo de tapado vs presentaciones	54
Cuadro 6. Tabulación tiempo de marcado vs presentaciones	56
Cuadro 7. Promedio de tiempos cronometrados y valoraciones	57
Cuadro 8. Tiempos normales de actividades observadas	58
Cuadro 9. Tiempo estándar de cada operación	60
Cuadro 10. Tiempo normal y estándar para 100 mL	61
Cuadro 11. Tiempo normal y estándar para 200 mL	61
Cuadro 12. Tiempo normal y estándar para 300 mL	63
Cuadro 13. Tiempo normal y estándar para 500 mL	63
Cuadro 14. Tiempo normal y estándar para 600 mL	64
Cuadro 15. Volumen calculado para 1 unidad agregada	65
Cuadro 16. Índice de productividad por turno 2011	66
Cuadro 17. Índice de productividad pro turno 2012	67
Cuadro 18. Tiempo estándar calculado para 1 unidad agregada	68

Cuadro 19. Eficiencia de la línea (minutos producidos vs minutos pagados) con método actual	69
Cuadro 20. Estimado de eficiencia de la línea (minutos producidos vs minutos pagados) con método propuesto	70
Cuadro 21. Estimado de eficiencia de la línea (minutos producidos vs minutos pagados) con método propuesto y aumento de producción de 20%	71
Cuadro 22. Evaluación económica del proyecto por escenarios	72

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Árbol de problemas	14
Figura 2. Ilustración diagrama bimanual	30
Figura 3. Metodología de trabajo	36
Figura 4. Distribución actual de NAPROLAB S.A	38
Figura 5. Modificación línea de envasado	41
Figura 6. Propuesta de redistribución de planta productiva	44
Figura 7. Diagrama de flujo de proceso actual para envasado Naprolab	46
Figura 8. Diagrama de flujo de proceso mejorado para envasado Naprolab	48
Figura 9. Envase Bala por 200 y 500 mL y Pote por 600 mL	53
Figura 10. Diagrama Hombre-Máquina envase x 200 mL	62

RESUMEN

Naprolab S.A es una empresa caleña manufacturera y comercializadora de cosméticos capilares, actualmente cuenta con un importante porcentaje del mercado cosmético colombiano e incursionando en mercados internacionales.

Se realizo la pasantía institucional en las líneas de envasado de la compañía evidenciando un bajo rendimiento de las mismas, eso debido a diferentes factores, entre ellos diseño de planta inadecuado, carencia de estudio de métodos y tiempos y métodos de trabajo poco productivos.

El desarrollo del proyecto tiene como finalidad aumentar el rendimiento de las líneas de envasado realizando una distribución de planta correcta, implementando un estudio de métodos y tiempos buscando establecer tiempos estándar de operación e implementar indicadores de gestión que permitan una constante evaluación del mejoramiento continuo. Finalmente se realizo una evaluación económica por escenarios en la cual se cuantifico la importancia del proyecto tanto en dinero como en eficiencia.

La empresa noto la importancia de llevar a cabo las acciones mencionadas en el proyecto que permitirán un mayor rendimiento de las líneas de envasado, y es por ello que presupuestó una suma de dinero importante con el cual se llevaran a cabo adecuaciones dentro de la planta.

Palabras claves: líneas de envasado, rendimiento, productividad, diseño de planta, estudio de métodos y tiempos, Naprolab, operario, costos, unidad agregada, procesos.

INTRODUCCIÓN

Naprolab S.A. surge de una idea de negocio de dos Ingenieros de la Universidad del Valle, asociados para incursionar en el segmento de la cosmética capilar natural, aprovechando el auge del momento con el uso de fitoextractos (extractos orgánicos de plantas) en la industria cosmética. En la actualidad la compañía cuenta con un equipo de 43 colaboradores, un mercado de clientes muy valioso y un selecto grupo de distribuidores y mayoristas, que hacen el cubrimiento del mercado nacional con sus líneas de productos, los cuales han logrado la aceptación y el reconocimiento del mercado por su alta calidad.

El aumento en la demanda de productos, el posicionamiento en el mercado gracias a la calidad de los productos y su atención personalizada a los clientes, ha obligado a NAPROLAB S.A a buscar una mayor productividad en su planta de manufactura; una opción fue la adquisición de nuevas tecnologías para aumentar las cantidades a producir en sus líneas de envasado, y así convertirse en una compañía de productos cosméticos capilares más competitiva y comprometida con la inversión tecnológica, evitando caer en la obsolescencia en la que entran muchas empresas que no se mantienen al día en avances tecnológicos.

El problema de la compañía radica en el bajo rendimiento de las líneas de envasado a pesar que se han realizado inversiones para incrementar su capacidad, pero que no se han traducido en los resultados esperados, debido en parte a la inadecuada ubicación de algunas maquinas ocasionando que sean menos productivas o que sean subutilizadas; adicionalmente la carencia de un estudio de métodos de trabajo es otra de las razones de la baja productividad y que de hacerse permitiría a la compañía aumentarla y por ende ser más competitiva en el mercado.

El objetivo de este proyecto es identificar y solucionar las causas del bajo rendimiento en las líneas de envasado y aumentar al máximo el rendimiento aprovechando los recursos disponibles, esto se realizará con ayuda de la aplicación de métodos de investigación y conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera. Los métodos mencionados son: el descriptivo, analítico-sintético, cualitativo y experimental; que se aplicarán en las tres (3) fases del proyecto (estudio y evaluación de la distribución de la planta productiva, estudios de métodos y tiempos y análisis de las cargas de trabajo y distribución de tareas), acompañado de información bibliográfica de distribución de planta, estudio de

métodos y tiempos y productividad; la recolección de toda esta información y el buen manejo dado a la misma, permite establecer un diseño de planta adecuado en el que las máquinas con su ubicación estratégica, brinden un alto rendimiento, los métodos de trabajo sean los más adecuados para desarrollar las actividades laborales y que la planta alcance valiosos niveles de desempeño.

La ejecución de este proyecto busca dar solución a los factores deficientes que actualmente no permiten que el proceso de envasado de Naprolab S.A sea más productivo, esto se alcanzará con la implementación de estudios de métodos y tiempos, distribución de planta y aplicación de conceptos de productividad, como también aplicando conceptos aprendidos en las fuentes bibliográficas consultadas. Finalmente, y después de dar solución a los factores anteriormente mencionados, se espera que la productividad de las líneas de envasado logre un aumento significativo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa caleña manufacturera del sector cosmético (NAPROLAB S.A.) es reconocida en el mercado por la calidad en sus productos, diferenciándose de la competencia por la utilización de materias primas de origen natural.

La efectividad y calidad de los productos se ha visto reflejada en el aumento de las ventas a nivel nacional y el inicio de incursiones a mercados extranjeros como el estadounidense y el ecuatoriano.

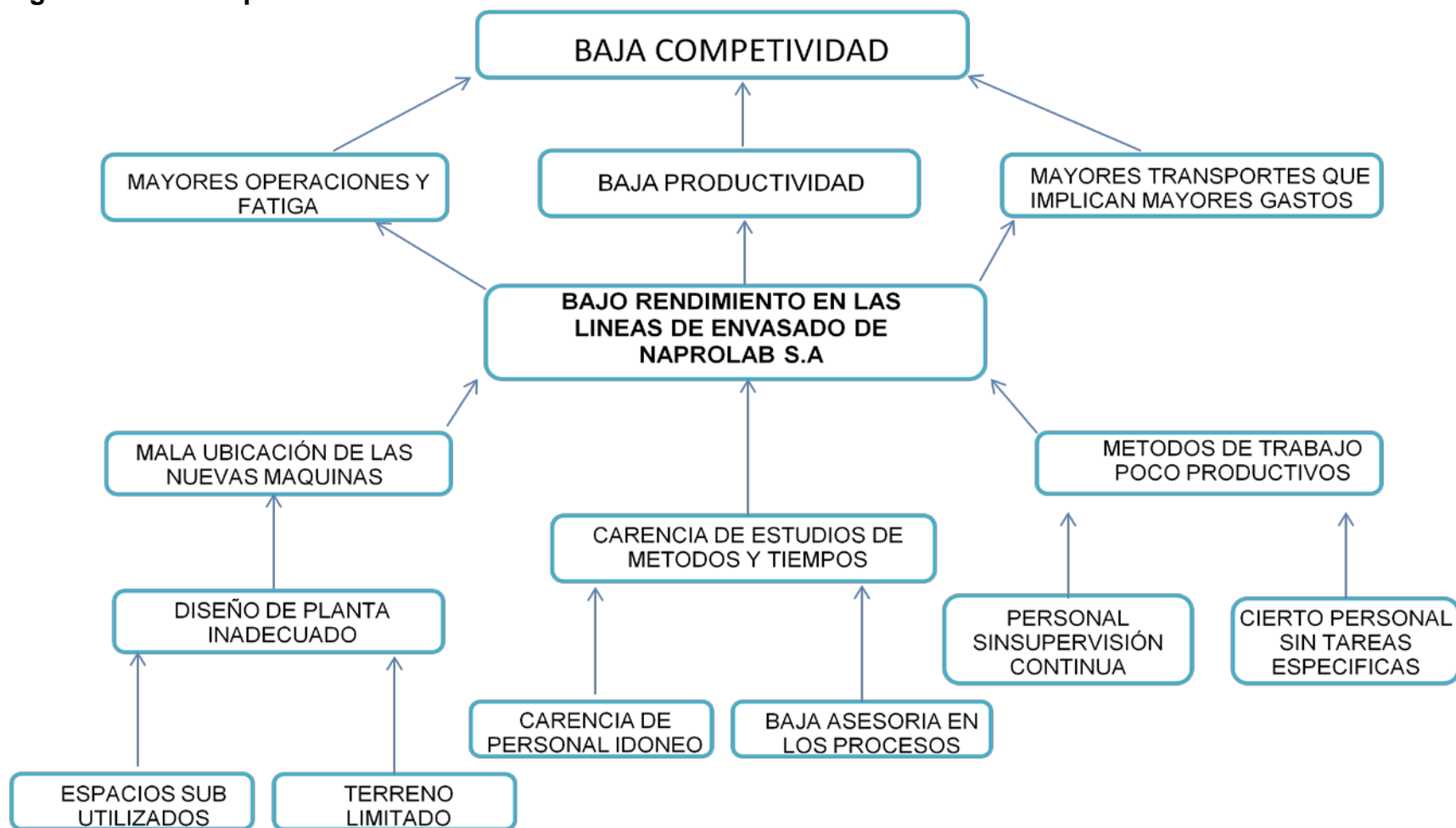
La empresa a pesar de su constante crecimiento presenta un bajo rendimiento en sus líneas de envasado, teniendo en cuenta la capacidad con la que cuenta; esta situación se puede atribuir a diversos factores, como por ejemplo, la reciente adquisición de nueva maquinaria no ha producido los resultados esperados, ya que no se encuentra en el lugar adecuado para su funcionamiento; esta situación evidencia un diseño de planta inadecuado, pues la planta se construyó sin expectativas de crecimiento, debido a que se encuentra en el segundo de los tres pisos que conforman la estructura física de la compañía, frente a un pasillo de alto tráfico que comunica los tres niveles (tercer nivel bodega de materiales y primer nivel bodega producto terminado y despachos), el espacio era suficiente hace tres años que se construyó la planta productiva, pero para ese entonces el volumen de producción era aproximadamente el 60% de lo que se produce ahora, según la gerencia de Naprolab. La planta al estar diseñada de esta manera, frente a estos espacios tan importantes y también delimitadas con paredes en concreto no admite una expansión que permita disponer de mayor espacio y obliga a ubicar dichas máquinas de manera improductiva, que en lugar de optimizar los procesos de producción y envasado, provocan operaciones que no contribuyen al avance del trabajo, como por ejemplo, desplazamientos innecesarios.

Otra situación causante del bajo rendimiento de las líneas de envasado, es la carencia de estudios de métodos y tiempos, estos estudios no se realizan dentro de la planta ya que no se cuenta con el personal idóneo para desarrollarlo, adicionalmente, las asesorías y auditorías son prácticamente nulas; esta situación puede ser aprovechada por los trabajadores, que de manera intencional pueden disminuir su ritmo de trabajo.

Las situaciones anteriormente mencionadas son las razones por las cuales esta compañía presenta un bajo rendimiento en las líneas de envasado, la relación

entre cada uno de los puntos tratados se muestra en el árbol de problemas (figura 1). Por consiguiente se plantean los siguientes interrogantes; ¿Con la aplicación de conocimientos en ingeniería de métodos se podrá aumentar el rendimiento en las líneas de envasado de NAPROLAB S.A.?, ¿Un rediseño adecuado de la planta de producción de Naprolab S.A. aumentaría el rendimiento de las líneas de envasado?

Figura 1. Árbol de problemas



2. JUSTIFICACION

2.1 EMPRESA

El aumento del rendimiento en las líneas de envasado se refleja en beneficios económicos para la empresa, dado que la cantidad de productos terminados al final de un turno aumentarían sustancialmente, lo que equivale a un mayor nivel de producción utilizando los mismos recursos, en este caso los recursos optimizados son el tiempo y la cantidad de operarios disponibles.

El aumento de la productividad permite igualmente optimizar el manejo de los inventarios de producto terminado, disminuyendo las unidades dejadas de despachar(agotados), como también utilizar a los operarios involucrados en el proceso, para realizar otras operaciones u otras tareas. Agilizar los procesos en la línea de envasado hace que la misma tenga una capacidad de trabajo mucho mayor y pueda responder correctamente a situaciones de altas exigencias en la demanda.

2.2 SOCIAL

Si la empresa presenta un crecimiento constante en la parte productiva, una demanda en aumento por parte de los clientes y una respuesta oportuna a las necesidades del mercado, consigue una situación de ganar/ganar donde los beneficios que recibe la empresa gracias al estudio de métodos y la distribución de planta se ven reflejados en sus trabajadores permitiendo que sus actividades sean menos riesgosas y exigentes; además de lograr una mejor organización en los puestos de trabajo.

Si los trabajadores se encuentran motivados para desempeñar de manera eficiente sus tareas, lo más probable es que el incremento de la producción sea constante y los beneficios tanto para ellos como para la compañía sean cada vez mayores.

3. ANTECEDENTES

Durante mucho tiempo las empresas con ayuda de los ingenieros industriales han tomado la iniciativa para mejorar los procesos y hacer más productivas las operaciones, es por ello que recientemente se puede encontrar literatura que se refiera al mejoramiento en procesos productivos, todos con el fin de aumentar la productividad y la competitividad del proceso y de la empresa.

Oscar Enrique Guillen Valladares desarrolló su trabajo de grado en la universidad de San Carlos de Guatemala, implementando un análisis y mejoramiento del proceso de llenado, del sistema de envasado de la fábrica de cloro KAFRAMI S.A, en este proyecto los resultados obtenidos fueron positivos ya que se consiguió un aumento en la productividad, analizando la distribución de equipo en planta, distribución en línea recta, estudio de movimientos, diagramas de proceso, entre otros. Se realizó una investigación profunda acompañado por estudios que permitieron al estudiante disminuir transportes, optimizar recursos y el flujo de proceso, además de lo anterior la planta ganó espacio gracias a la distribución y se logró que el espacio adicional se ocupara con nuevas máquinas que aumentaron la productividad.¹

Por otro lado Fernando Beethoven Monroy Álzate de la Universidad Autónoma de occidente de Cali, en su trabajo de grado titulado: plan de mejoramiento continuo para productos retornables (vidrio) línea de envasado No. 1 en COCA-COLA FEMSA, implementó la teoría de control de calidad denominada *Kaizen* y un programa de mejoramiento continuo PMC SICKOF COCA-COLA FEMSA 2008. Gracias a estas herramientas y a la metodología seguida, se logró identificar, analizar y plantear acciones tendientes a la mejora de la situación problema, adicionalmente se corrigieron las causas de las paradas en la línea 1 para productos de vidrio y se propusieron los planes de mejora que llevaran al logro de la situación deseada mediante metodologías de grupo, lluvia de ideas, análisis de Pareto y temas técnicos propios de los equipos, algunas de estas acciones ya se

¹GUILLÉN VALLADARES, Oscar Enrique. Análisis y mejoramiento del proceso de llenado, del sistema de envasado de la fábrica de cloro Kaframi s.a. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Guatemala.: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2006. 133p.

están ejecutando y otras por aspectos de presupuesto serían programadas en los planes de mantenimiento preventivo de los posteriores meses.²

La distribución de planta es otro de los temas a abordar con el desarrollo de este proyecto, por ello se consultó el trabajo de grado “Diseño de Distribución en Planta de una Empresa Textil” realizado por Martín Muñoz Cabanillas. La distribución de planta es una tarea fundamental en la reducción de costos y el incremento de la productividad, a la que sin embargo no muchas empresas dan la debida importancia. Lo que se trata de facilitar aquí, es una guía que permita organizar los proyectos de distribución, en una serie de fases y pasos; adaptando los principios y fundamentos teóricos al trabajo práctico que realiza el diseñador en la planta. La estructura del trabajo está dividida en cuatro capítulos, que describen el proyecto de distribución desde su concepción hasta la obtención del plano detallado de la distribución. El capítulo 1 sirvió para definir la base científica del trabajo, aquí se plantea la problemática encontrada; justificándose la realización del estudio como vía para la solución del problema. Se describen claramente los objetivos a conseguir y se explica la metodología que se seguirá en todo el trabajo. Este capítulo permite posicionarse en el tema a desarrollar. El capítulo 2 proporciona el marco teórico y conceptual necesario para la comprensión del tema de distribución de plantas, se parte de los conceptos básicos de la distribución hasta definir el planteamiento sistémico, como un método científico que aportará cuatro fases al proceso de diseño de distribución. Dicho capítulo concluye con una revisión de los principales software computacionales que ayudan al diseño de la distribución. Ya en el capítulo 3, comienza el trabajo de diseño de la distribución; en este capítulo se estudia con detenimiento la segunda fase del diseño, cuyo objetivo final es la elaboración del diagrama general de conjunto, que será la base de la futura distribución. Aquí se establece la ubicación relativa de cada departamento de la empresa, sin entrar todavía en el detalle de distribución de cada uno de ellos. Finalmente, el capítulo 4 cierra el proceso de diseño con la presentación de los planos detallados de la empresa; este capítulo tiene su respectiva correspondencia con la tercer fase de la distribución; el plan detallado de distribución, que muestra cómo quedará la ordenación final de todos los elementos de la empresa, como resultado del proceso de diseño³.

²MONROY ÁLZATE, Fernando Beethoven. Plan de mejoramiento continuo para productos retornables (vidrio) línea de envasado # 1 en coca-colafemsa. Pasantía institucional Ingeniería Industrial. Cali.:Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, 2009. 82p

³MUÑOZ CABANILLAS, Martin. Diseño de distribución en planta de una empresa textil. Tesis Ingeniería Industrial. Lima.: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería.2004. 137p

Luz Natalia Cardona Londoño y Juan Diego Sanz desarrollaron su trabajo de grado en la empresa G&L INGENIEROS LTDA, con el fin de presentar una propuesta de mejora de métodos y determinar los tiempos estándar de producción de la empresa.

En el ámbito operativo existen muchos factores por medio de los cuales se ve afectada la producción de la mayoría de las empresas. Factores como reprocesos, malas especificaciones del producto y una mala administración de los recursos, llevan a tener un costo adicional en el proceso de producción; el análisis y el estudio de estos factores pueden contribuir a mejorar el proceso productivo volviéndolo más óptimo y eficiente, generando así la programación de todas las actividades de acuerdo con una orden de trabajo específica. Todo estudio analítico de trabajo, hecho de una manera sistemática va descubriendo uno por uno los puntos donde se desperdician tiempos y energías que pueden ser útiles en las operaciones de trabajo. Para suprimir este desperdicio hay que determinar las causas, que suelen ser la mala planificación y organización, un control insuficiente, una formación inadecuada de los trabajadores y la falta de un buen estudio de métodos y tiempos de producción. Por lo tanto se desea realizar un estudio dentro de los parámetros del manejo adecuado de los métodos y la determinación de los tiempos estándar, basado en las actividades del proceso productivo y en la necesidad de la empresa “G&L INGENIEROS LTDA.” de estandarizar sus tiempos de producción⁴.

Naprolab S.A desde hace aproximadamente dos (2) años ha considerado la posibilidad de adquirir maquinaria que permita automatizar sus procesos productivos, pero no se ha enfocado en realizar un estudio del trabajo de los operarios que contribuya a la alta eficiencia de las operaciones realizadas, es por ello que se identifica una oportunidad de mejora en esta compañía y se inicia el proyecto en las instalaciones de la misma.

Los trabajos realizados por las personas anteriormente mencionadas, dan pie a ideas y/o métodos de trabajo para implementar en este proyecto. Los diagramas de proceso, estudio de movimientos y análisis de distribución de equipos en planta permitieron a Oscar Enrique Guillen Valladares obtener excelentes resultados en relación al aumento de la productividad de KAFRAMI S.A, este proyecto es muy

⁴CARDONA LONDOÑO, Luz Natalia y SANZ, Juan Diego. Proyecto propuesta de mejora de métodos y determinación de los tiempos estándar de producción en la empresa G&L INGENIEROS LTDA. Trabajo de Grado Tecnología Industrial.Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira, Programa de Tecnología Industrial. 2007. 102p.

similar al que se está tratando, ya que el objetivo central es el mismo en una línea de llenado; los demás autores establecieron planes de mejora, basados en sistemas de control de calidad, como fue el caso desarrollado en COCA-COLA FEMSA, este tipo de planes de mejora se pueden implementar en Naprolab S.A una vez culmine este proyecto. Martin Muñoz Cabanillas inicio su proyecto diseño de planta con un planteamiento sistémico, seguido de una elaboración del diagrama general de conjunto que sirve como base de la futura distribución sin entrar todavía en el detalle de distribución de cada uno de los departamentos. Finalmente, cierra el proceso de diseño con la presentación del plan detallado de distribución, que muestra cómo quedará la ordenación final de todos los elementos de la empresa, como resultado del proceso de diseño, este proyecto es muy útil para tener un ejemplo claro de los pasos a seguir y aspectos a tener en cuenta para realizar una distribución de planta eficiente. Luz Natalia Cardona Londoño y Juan Diego Sanz aportan a este proyecto, mostrándonos como se debe realizar un estudio de métodos y tiempos en una empresa industrial, dando herramientas para realizar un completo estudio analítico de trabajo, que facilita descubrir uno por uno los puntos donde se desperdician tiempos y energías que pueden ser útiles en las operaciones de trabajo, esto permite dar origen a programas de desempeño en Naprolab S.A y alinear funciones de los trabajadores, para así contribuir a la productividad de la compañía.

4. MARCO TEORICO

4.1 PRODUCTIVIDAD

En estos últimos años las empresas se han visto expuestas a una competencia muy grande a nivel mundial, lo cual ha provocado que muchas PYMES se inclinen por el factor precio como estrategia para competir en el mercado; el mercado oriental específicamente el japonés es reconocido en todo el mundo por su calidad y alta productividad. Los países desarrollados aprovechan sus avances tecnológicos para permitirse ser reconocidos como potencias mundiales en todos los mercados y enriquecer su economía exportando sus productos a diferentes países del mundo. “Si analizamos la palabra PRODUCTIVIDAD, la podremos descomponer en dos términos: PRODUCCION Y ACTIVIDAD. Esto es lo que ha conllevado durante muchos años a la creencia de que este concepto está asociado únicamente a la actividad productiva de la empresa y ha limitado su utilización en otras áreas que no clasifican como tal. Productividad es igual a producción dividida por cada uno de sus elementos de producción. (Organización Internacional del Trabajo OIT). Los productos son fabricados como resultados de la integración de cuatro elementos principales: tierra, capital, trabajo y organización. La relación de estos elementos a la producción es una medida de la productividad (Agencia Europea de Productividad EPA). Productividad es el grado de utilización efectiva de cada elemento de producción. Es sobre todo una actitud mental. Busca la constante mejora de lo que ya existe. Está basada sobre la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer, y mejor mañana que hoy (mejoramiento continuo). Requiere esfuerzos continuados para adaptar las actividades económicas a las condiciones cambiantes y aplicar nuevas técnicas y métodos. De esta forma se puede ver la productividad no como una medida de la producción, ni de la cantidad que se ha fabricado, sino como una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos logrados.”⁵

⁵CARBALLAL DEL RIO, Esperanza. Productividad: Conceptos Modernos de Productividad. [en línea]. Cuba: EL prisma, 2006 [citado en 30 de septiembre 2010]. Disponible en http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/productividadconceptos.

Según David Allen, productividad es “Lo que genera más por la energía invertida es la inserción consciente de al menos una de cuatro cosas que no ocurren por sí mismas: limpieza, enfoque, estructuración y acción.”

Para nadie es un secreto que la economía coreana ha escalado increíblemente en los últimos años y que es uno de los grandes países en cuestión de productividad, Alex Horvitz, experto en mejoras de procesos dice “Corea del Sur ha mejorado su productividad –y por lo tanto, su competitividad- enfocándose en cuatro dimensiones: desarrollo de sectores, regulación, innovación y capital humano. Gracias a una alianza estratégica entre los sectores público y privado, han logrado crecer a un promedio de 8,9% en los últimos treinta años y una productividad general de 55 % (Chile tiene un 34%).”⁶ Las estrategias nombradas por este experto son la base de la economía de estos grandes países industriales si se sigue este ejemplo, así como lo hizo Chile se pueden conseguir logros interesantes, esto acompañado de la aplicación de conocimientos de ingeniería industrial que permitan optimizar recursos, actividades y transportes.

El aumento de la productividad en las líneas de envasado es un aspecto en el que todas las empresas pueden sacar ventajas frente a sus competidores, es por esto que las compañías frecuentemente invierten en maquinaria con tecnología de punta, la adquisición de maquinaria eficiente, permite que la planta tenga una capacidad de producción mayor, como también la flexibilidad para dar respuesta a las necesidades de los clientes.

4.2 DISTRIBUCION DE PLANTA (LAYOUT)

Conceptos Básicos - Definición:

La distribución de planta es un concepto relacionado con la disposición de las máquinas, los departamentos, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente. La finalidad fundamental de la distribución en planta consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la fluidez del flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo.

⁶HORVITZ, Alex. La formula coreana para mejorar la productividad según Alex Horvitz.[en línea]. Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, oct, 2009 [citado 30 de septiembre 2010]. Disponible en:<http://asiapacifico.bcn.cl/noticias/como-mejorar-productividad-en-chile/?searchterm=alex%20horvitz>

Características de una adecuada Distribución de Planta, según la Universidad Nacional de Colombia (2010)⁷:

- Minimizar los costos de manipulación de materiales.
- Utilizar el espacio eficientemente.
- Utilizar la mano de obra eficientemente.
- Eliminar los cuellos de botella.
- Facilitar la comunicación y la interacción entre los propios trabajadores, con los supervisores y demás superiores.
- Reducir la duración del ciclo de fabricación.
- Eliminar los movimientos inútiles o redundantes.
- Facilitar la entrada, salida y ubicación de los materiales, productos o personas.
- Incorporar medidas de seguridad.
- Promover las actividades de mantenimiento necesarias.
- Proporcionar un control visual de las operaciones o actividades.
- Proporcionar la flexibilidad necesaria para adaptarse a las condiciones cambiantes.

Parámetros para la elección de una adecuada Distribución de Planta

El tipo de distribución elegida vendrá determinado por:

- La elección del proceso.
- La cantidad y variedad de bienes o servicios a elaborar.
- El grado de interacción con el consumidor.
- La cantidad y tipo de maquinaria.
- El nivel de automatización.
- El papel de los trabajadores.
- La disponibilidad de espacio.
- La estabilidad del sistema y los objetivos que éste persigue.

Las decisiones de distribución en planta pueden afectar significativamente la eficiencia con que los operarios desempeñan sus tareas, la velocidad a la que se

⁷UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (SEDE MANIZALES). Taller Ingeniería de Métodos: Distribuciones de Planta (LAYOUT) [en línea]. [Manizales, Colombia]: Dirección Nacional de Servicios Académicos Virtuales, [citado en 16 noviembre de 2010]. Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/taxonomia/layout.htm#arriba>

pueden elaborar los productos, la dificultad de automatizar el sistema, y la capacidad de respuesta del sistema productivo ante los cambios en el diseño de los productos, en la gama de productos elaborada o en el volumen de la demanda.

Tipos Básicos de Distribución en Planta

Existen cuatro tipos básicos de distribuciones en planta:

- **Distribución por procesos.**
- **Distribución por producto o en línea.**
- **Distribución de posición fija.**
- **Distribuciones híbridas: las células de trabajo.**

4.3 ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS

Según el libro “Introducción al Estudio del Trabajo”⁸, el estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y los ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

El estudio de tiempos exige cierto material fundamental, como lo son el cronómetro (mecánico o electrónico), el tablero de observaciones y formularios de estudio de tiempos, ya sean para reunir datos (primera hoja de estudio de tiempos, hojas siguientes o formulario para ciclo breve) o para estudiar los datos reunidos (hojas de trabajo, hojas de resumen de estudio o hojas de análisis de los estudios).

Los cronómetros y los aparatos electrónicos para toma de datos tienen una precisión suficiente para los estudios generales. Cuando ello no ocurre, como, por ejemplo, en el caso de trabajos muy repetitivos de ciclo breve, conviene utilizar una técnica diferente, en lugar del estudio de tiempos, a menos que se recurra a la filmación o al video. Si se utilizan películas, se puede medir con precisión la duración de un trabajo muy breve contando el número de imágenes, siempre que

⁸ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Introducción al estudio del trabajo. Estudio de métodos. 4 ed. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo (OIT), 1996. 522 p. ISBN 92-2-307108-9.

la velocidad de la proyección sea exactamente la misma que la velocidad con que se tomaron las imágenes. Otro método consiste en colocar un instrumento que permita medir el tiempo, en el campo de visión de la cámara que registra el trabajo. De este modo se pueden leer los tiempos proyectando en cámara lenta la película o casete del video.

Lo primero que se debe hacer en el estudio de tiempos es seleccionar el trabajo que se va a estudiar. La selección rara vez se hace sin un motivo preciso, que de por sí obliga a elegir determinada tarea; por ejemplo:

- Novedad de la tarea, no ejecutada anteriormente (cuando son nuevos el producto, el componente, la operación o la serie de actividades).
- Cambio de material o de método, que requiere un nuevo tiempo tipo.
- Quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo tipo de una operación.
- Demoras causadas por una operación lenta, que retrasa las siguientes y posiblemente las anteriores, por acumularse los trabajos que no siguen su curso.
- Fijación de tiempos tipo antes de implantar un sistema de remuneración por rendimiento.
- Bajo rendimiento o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas.
- Preparación para un estudio de métodos o para comparar las ventajas de dos métodos posibles.
- Costo aparentemente excesivo de algún trabajo, tal como queda puesto de manifiesto por un análisis, por ejemplo, como el de Pareto.

Si el propósito del estudio es fijar normas de rendimiento, normalmente no se debería hacer mientras no se haya establecido y definido con un estudio de métodos la mejor forma de ejecutar el trabajo. El porqué salta a la vista; si no se ha buscado antes sistemáticamente el mejor método, siempre queda la posibilidad de que el propio trabajador o algún técnico encuentren un modo de obtener el mismo resultado con mucho menos trabajo. Además, las ventajas de la innovación pueden variar de magnitud y naturaleza según el momento, el trabajador asignado al puesto o el método que el mismo haya adaptado. Incluso puede ocurrir que la cantidad de trabajo exigida por el proceso u operación aumente efectivamente más adelante si se encomienda a un trabajador menos idóneo que el

cronometrado, que quizá aplique un método más laborioso que el seguido cuando se fijó el tiempo.

Mientras no se haya encontrado, definido y estandarizado el mejor método, no estará estabilizada la cantidad de trabajo que supone la tarea o proceso. No habrá manera de planificar los programas, y si el tiempo tipo influye en el cálculo de la remuneración, tal vez resulte antieconómico el costo de la mano obra de esa tarea o proceso. Al trabajador puede resultarle imposible terminar dentro del tiempo asignado, o bien, por el contrario, puede sobrarle tiempo. En este último caso, muy probablemente reducirá su rendimiento hasta el límite en que le parezca que la dirección no va a iniciar averiguaciones sobre el acierto del tiempo tipo que se había fijado.

Una vez elegido el trabajo que se va a analizar, el estudio de tiempos suele constar de las 8 (ocho) etapas siguientes:

- Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
- Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en elementos.
- Examinar ese desglose para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos, para así determinar el tamaño de la muestra.
- Medir el tiempo con un instrumento apropiado, generalmente un cronómetro; y registrar el tiempo invertido por el operario en llevar a cabo cada “elemento” de la operación.
- Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser el ritmo tipo.
- Convertir los tiempos observados en “tiempos básicos o normal”.
- Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación.
- Determinar el “tiempo tipo o estándar” propio de la operación.

Por otro lado, el estudio de métodos, es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras. El enfoque básico del estudio de métodos consiste en el seguimiento de ocho (8) etapas o pasos:

- **SELECCIONAR** el trabajo que se ha de estudiar y definir sus límites.

- REGISTRAR por observación directa los hechos relevantes relacionados con ese trabajo y recolectar de fuentes apropiadas todos los datos adicionales que sean necesarios.
- EXAMINAR de forma crítica, el modo en que se realiza el trabajo, su propósito, el lugar en que se realiza, la secuencia en que se lleva a cabo y los métodos utilizados.
- ESTABLECER el método más práctico, económico y eficaz, mediante los aportes de las personas concernidas.
- EVALUAR las diferentes opciones para establecer un nuevo método comparando la relación costo-eficacia entre el nuevo método y el actual.
- DEFINIR el nuevo método de forma clara y presentarlo a todas las personas a quienes pueda concernir (dirección, capataces y trabajadores).
- IMPLANTAR el nuevo método como una práctica normal y formar a todas las personas que han de utilizarlo.
- CONTROLAR la aplicación del nuevo método e implantar procedimientos adecuados para evitar una vuelta al uso del método anterior.

A continuación se presentan los principales diagramas utilizados para procesos de manufactura tomados del libro “Ingeniería Industrial: Métodos tiempos y movimientos”⁹, del autor Benjamín Niebel







4.3.1 Medios gráficos para análisis de métodos. Los medios gráficos están entre los instrumentos de mayor importancia en la ingeniería de métodos; estos son una representación de un trabajo que ha sido dividido en componentes básicos que al analizarlos, contribuyan a mejorar el método actual. Los diagramas examinan, registran y establecen etapas; son también auxiliares descriptivos y de comunicación para entender el proceso y las actividades. La comprensión y conocimiento de los procesos y actividades se facilita, mediante la clara visualización de símbolos y convenciones estándar.

4.3.1.1 Diagrama de operaciones de proceso. Muestra en secuencia cronológica todas las operaciones, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. También señala la entrada de materiales al conjunto principal.

⁹NIEBEL, Benjamín y FREIVALDS Andris. Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Diseño del trabajo manual. 10 ed. México: Alfaomega, 2001.728p. ISBN 970-15-0597-2.

A continuación, en el cuadro 1, se muestra gráficamente la representación de los símbolos utilizados en la realización del diagrama de operaciones de proceso y junto a cada símbolo una breve descripción de su función.

Cuadro 1. Símbolos de los diagramas de proceso

	Operación: Representa toda acción de modificación de las características físicas o químicas de un material. También representa acoples o separación de piezas, o preparación de material para otra operación (transporte, inspección o almacenamiento), también se define como operación, aquellas actividades de planeación o acopio de información.
	Transporte: Representa el desplazamiento físico de material, no se incluyen aquellos movimientos que hacen parte de una operación o de una inspección.
	Inspección: Representa toda acción de inspección o verificación del material, también puede ser la revisión de las características de calidad del mismo.
	Espera: Esta ocurre, cuando a excepción de que se esté realizando alguna operación sobre el material, se requiere una detención transitoria del proceso a espera de un acontecimiento determinado.
	Almacenamiento: Este ocurre, cuando un objeto es mantenido en espera para efectos de conservación o reposo de acuerdo a lo definido en el proceso.
	Actividades combinadas: Ocurre cuando se ejecutan dos actividades simultáneamente, el ejemplo representa la combinación de las actividades de operación e inspección.

Fuente: Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo

Se debe examinar primero el diagrama de proceso actual, antes de que se pueda mejorar un diseño. El diagrama de operaciones permite exponer claramente el problema que se quiere solucionar. Para elaborar un diagrama de operaciones es necesario realizar observación y mediciones directas, identificando con claridad el inicio y fin de cada operación.

Para la elaboración de un diagrama de esta clase, se hace uso de dos símbolos: un círculo que representa la operación y un cuadrado que representa una inspección. La operación ocurre, cuando se transforma intencionalmente o cuando se estudia o planea antes de realizar un trabajo de producción en ella. La Inspección ocurre, cuando la parte es examinada para determinar su conformidad con una norma. El analista debe identificar el diagrama, con un título en la parte superior de la hoja e información de identificación, como número de pieza, número

de dibujo, descripción del proceso, el método actual o propuesto, la fecha y el nombre de la persona que elabora el diagrama. Se utilizan líneas verticales, para indicar flujo general del proceso y horizontales que indican, entrada de materiales. Los valores de tiempo deben ser asignados a cada una de las operaciones e inspecciones y generalmente el analista debe tomar las mediciones directas de tiempo e incluirlas en el diagrama.

4.3.1.2 Diagrama de flujo de proceso. El diagrama de flujo de proceso es útil para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales, el analista debe proceder al mejoramiento de estos periodos no productivos. El diagrama de flujo de proceso registra, tanto las operaciones e inspecciones como los traslados y retrasos de almacenamiento. Los símbolos adicionales que se usan a los ya conocidos del diagrama de proceso, son una flecha que indica transporte, un símbolo como una letra D mayúscula indica demora o retraso, que ocurre cuando no se permite a una pieza ser procesada inmediatamente en la siguiente estación de trabajo y un triángulo puesto sobre su vértice indica, almacenamiento. También se utiliza la combinación de los símbolos ya mencionados en el diagrama de proceso; estos ocurren de la siguiente forma: a) la inspección se realiza junto con una operación y b) una operación se efectúa mientras ocurre un transporte, también pueden existir otras combinaciones.

Para la elaboración del diagrama de flujo, es necesario identificarlo con un título, número de pieza, número de plano, descripción del proceso, método actual o propuesto, fecha y nombre de la persona que realiza el diagrama.

El diagrama de flujo de proceso, corresponde solamente a una pieza o un artículo y no a un ensamble. Por lo tanto se puede iniciar desde la parte superior, con una línea horizontal de entrada de materiales y posteriormente una vertical en donde se colocaran los demás símbolos, registrando las operaciones, inspecciones, movimientos, demoras y almacenamientos, representado así el flujo de los materiales. Este diagrama se utiliza como instrumento de análisis, para eliminar costos ocultos.

4.3.1.3 Diagrama de recorrido de proceso. Este diagrama, es una representación de la distribución de zonas de trabajo, indicando todas las actividades registradas en el diagrama de flujo de proceso. La mejor forma de identificar la zona en que se dan las diferentes actividades del flujo de proceso, es

mediante la utilización de un plano de todas las áreas existentes, dentro de la planta.

Al elaborar el diagrama de recorrido, el analista debe identificar cada actividad por símbolos y números que correspondan, a los que aparecen en el diagrama de flujo de proceso. El sentido del flujo, se indica colocando pequeñas flechas a lo largo de la línea de recorrido. El diagrama de recorrido, es un complemento valioso del diagrama de flujo de proceso, pues al trazar el recorrido inverso se puede encontrar áreas de posible congestionamiento y se mejora la distribución en la planta.

4.3.1.4 Diagrama hombre-máquina. Este diagrama se emplea para estudiar, analizar y mejorar solo una estación de trabajo cada vez, indicando la relación exacta en tiempo entre el ciclo de la persona y la máquina. La práctica en que un obrero atiende más de una máquina, se le conoce como acoplamiento de máquinas. En la elaboración del diagrama se deberá inicialmente colocar la siguiente información: Título, número de la pieza, número de dibujo, descripción de la operación gráfica, método actual o propuesto, fecha y nombre de la persona que elabora el diagrama. Se debe elegir una escala de tiempos apropiada, de manera que la representación este bien proporcionado en la hoja. Al lado izquierdo de la hoja se indican las descripciones y tiempos correspondientes al operario y a la derecha se coloca el tiempo de trabajo y el tiempo muerto de la máquina, o máquinas. El tiempo de trabajo del operario se representa con una línea recta vertical continua y la interrupción de esta representa tiempo muerto del operario. De la misma forma una línea vertical continua debajo de cada máquina, representa trabajo de ésta y la interrupción indica su tiempo muerto. Los tiempos de carga y descarga, se indican por medio de un trazo punteado, bajo la columna de la máquina.

4.3.1.5 Diagrama bimanual. Este es un instrumento para el estudio de los movimientos en la operación, presentando los movimientos realizados por la mano derecha e izquierda, así como las relaciones entre divisiones básicas relativas de la ejecución del trabajo realizado, por ambas manos. Con este diagrama se pretende mejorar la operación, analizando los diferentes detalles de los movimientos. Analizando los detalles se identificarán movimientos ineficientes. Este medio gráfico facilitará el cambio de un método, para lograr una operación

equilibrada de ambas manos y que elimine los movimientos inefectivos, que permitan tener un centro de trabajo menos fatigoso y más productivo¹⁰.

Figura 2. Ilustración Diagrama bimanual

OPERACIÓN: Empaquetado de envases estación 1

ANALISTA: Oscar Guillén

MÉTODO: Propuesto

FECHA INICIO: 2/3/2005

DIAGRAMA BIMANUAL

FECHA FIN: 2/3/2005

Empresa: KAFRAMI,S.A

Descripción mano izquierda	○	⇨	D	▽	○	⇨	D	▽	Descripción mano derecha
Agarra bolsa	●				●				Agarra bolsa
Traslada bolsa a bandeja	↗				↗				Traslada bolsa a bandeja
Precoloca en posición bolsa	↘				↘				Oprime liberador en bandeja
Sostiene bolsa				●				●	Sostiene bolsa
Lleva bolsa llena a sellador	↗	●			↗	●			Lleva bolsa llena a sellador
Sella la bolsa	↘				↘				Sella la bolsa
Espera									Tral. Bolsa a trans de patin
RESUMEN									
	M. I.	M. D.							
OPERACIONES	3	3							
TRANSPORTES	2	2							
DEMORAS	1	0							

Fuente: Análisis de mejoramiento del proceso de llenado, del sistema de envasado de la fábrica de cloro KAFRAMI S.A.

La figura 2, representa la operación de empaquetado de envases en KAFRAMI S.A, representado mediante un diagrama bimanual por el guatemalteco Oscar Guillen en su desarrollo de trabajo de grado (Análisis y mejoramiento del proceso de llenado, del sistema de envasado de la fábrica de cloro Kaframi S.A). Para la elaboración del diagrama bimanual, hay que tomar en cuenta los diez y siete movimientos fundamentales llamados therbligs que definieron los esposos Frank y

¹⁰GUILLÉN VALLADARES, Oscar Enrique. Análisis y mejoramiento del proceso de llenado, del sistema de envasado de la fábrica de cloro Kaframi s.a. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Guatemala.: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2006. 133p.

Lilian Gilbreth¹¹, que se aplica a todo trabajo productivo, realizado por las manos de un operario.

Definiciones de los therbligs efectivos:

- Alcanzar. Corresponde al movimiento de una mano vacía sin resistencia, hacia un objeto o retirándola de él.
- Mover. Corresponde movimiento de la mano con carga.
- Tomar. Es el movimiento elemental, que hace la mano al cerrar los dedos rodeando una pieza para asirla en una operación.
- Soltar. Este elemento es la división básica, que ocurre cuando el operario abandona el control del objeto.
- Precolocar en posición. Consiste en colocar un objeto en un sitio predeterminado, de manera que pueda tomarse y ser llevado a la posición en que ha de ser sostenido cuando se necesite.
- Usar. Tiene lugar cuando una o las dos manos controlan un objeto durante la parte del ciclo que se realice trabajo productivo.
- Ensamblar. Es cuando se unen dos piezas.
- Desensamblar. Ocurre cuando se separan piezas.

Definición de los therbligs inefectivos

- ✓ Buscar: Es el elemento básico de localizar un objeto.
- ✓ Seleccionar. Este se efectúa cuando el operario tiene que escoger una pieza de entre dos o más semejantes.
- ✓ Colocar en posición. Es el elemento de trabajo que consiste en colocar un objeto de modo que quede orientado correctamente en un sitio específico.
- ✓ Inspeccionar. Es un therblig incluido en la operación, para asegurar calidad aceptable, mediante una verificación regular, que realiza el trabajador.
- ✓ Planear. Proceso mental que ocurre cuando el operario se detiene para determinar la acción a seguir.
- ✓ Demora inevitable. Esta demora inevitable, es una interrupción que el operario no puede evitar en la continuidad del trabajo.
- ✓ Demora evitable. Todo tiempo muerto que ocurre durante el ciclo de trabajo y del que solo el operario es responsable, intencional o no.

¹¹NIEBEL, Benjamín y FREIVALDS Andris. Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Diseño del trabajo manual. 10 ed. México: Alfaomega, 2001.728p. ISBN 970-15-0597-2.

- ✓ Descansar. Aparece periódicamente como necesidad que experimenta el operario de reponerse de la fatiga.
- ✓ Sostener. Esta es la división básica que tiene lugar, cuando una de las dos manos soporta o ejerce control sobre un objeto, mientras la otra mano ejecuta trabajo útil.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Aumentar el rendimiento de las líneas de envasado de la planta de producción de Naprolab S.A aplicando el estudio de métodos y tiempos y el diseño de planta, para permitir que la compañía sea más productiva y competitiva en el mercado.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Implementar un estudio de métodos y tiempos que permita analizar y mejorar las operaciones del proceso de envasado.
- Identificar e implementar flujos adecuados dentro de la planta productiva de Naprolab S.A, con el fin de hacer más eficientes los desplazamientos y por ende acrecentar la productividad.
- Establecer indicadores de productividad que permitan evaluar el proceso de mejora continua, resultado del estudio de métodos y tiempos que se desarrollará.

6. METODOLOGIA

El desarrollo de este proyecto involucra la aplicación de diferentes tipos de investigación, la primera de ellas es la investigación descriptiva, en donde se busca realizar una descripción detallada de la problemática a estudiar, de esta manera también se pueden tomar datos relevantes del problema central, del cual se desprenderán una serie de ideas que dan lugar al surgimiento de posibles soluciones a esta situación. La investigación descriptiva va acompañada del método analítico-sintético donde se pueda descomponer la situación por partes y analizarlas, como también para estudiar la situación como conjunto para distinguir ventajas y desventajas a la hora de la implementación de cambios.

Después de la aplicación de la investigación descriptiva, se procede a una investigación cualitativa en la que se busca compilar la información obtenida y profundizar en este caso concreto, esto permite que se facilite un poco la tarea de encontrar soluciones para aumentar el rendimiento en las líneas de envasado, posteriormente se implementa la investigación experimental donde manipulan las variables anteriormente mencionadas y la aplicación de conocimientos para encontrar solución o soluciones saludables a la problemática tratada, esta es la parte propositiva del investigador, en la que debe apoyarse en el método inductivo-deductivo, ya que con la teoría y análisis de información acompañado por el conocimiento empírico y experiencia adquirida en esta planta se pueden proponer soluciones interesantes que optimicen el envasado de las líneas.

El desarrollo del proyecto consta de las siguientes fases en las cuales se incluyen las actividades que se realizarán, buscando alcanzar los objetivos propuestos al inicio del proyecto.

6.1 FASE 1. ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA PRODUCTIVA

El comienzo de esta fase se inicia con un estudio de recorridos de la planta, con el fin de encontrar todos los problemas que pueden existir en relación con los transportes o desplazamientos, contra-flujos, espacios subutilizados y demás inconvenientes que no permiten que la planta tenga mayor productividad. Este análisis se llevará a cabo desarrollando un diagrama de recorridos de la planta, para que con la información obtenida de este diagrama y reorganizando los

equipos actuales, se puedan descubrir los espacios disponibles para la adecuación de las nuevas máquinas, teniendo en cuenta que la posición escogida debe generar la más alta productividad, por último se procede a proponer la distribución más adecuada para la planta. Se espera encontrar en su totalidad los problemas originados por el diseño de planta y desarrollar una idea de posible redistribución.

6.2 FASE 2. ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS

Se observa y se registra el método de trabajo actual en las líneas de envasado y se analiza para encontrar posibles mejoras, posteriormente se realiza una toma de tiempos a cada uno de las actividades con el fin de establecer su tiempo estándar. Los resultados esperados en esta fase son: definir las actividades del proceso, establecer su tiempo estándar y adicionalmente identificar los empleados de mayor productividad.

6.3 FASE 3. ANÁLISIS DE CARGA DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN DE TAREAS

El análisis de la carga de trabajo se realiza con el fin de distribuir las tareas de la manera más adecuada, teniendo como prioridad las habilidades que tiene cada uno de los empleados, distribuir las tareas de manera equilibrada, permitiendo disminuir los tiempos inactivos de los operarios y de las líneas productivas. Este proceso se realiza después de haber culminado la fase 2, puesto que en esta fase se identifican fortalezas; por lo tanto en esta fase final se espera realizar una distribución de tareas adecuada, aprovechando las habilidades de los empleados.

La figura 3, es una ilustración de la secuencia de la metodología del trabajo de grado, en la cual se muestra el inicio con una investigación descriptiva junto con un método analítico-sintético, posteriormente una investigación cualitativa y por ultimo una investigación experimental acompañado de un método inductivo-deductivo.

Figura 3. Metodología de trabajo

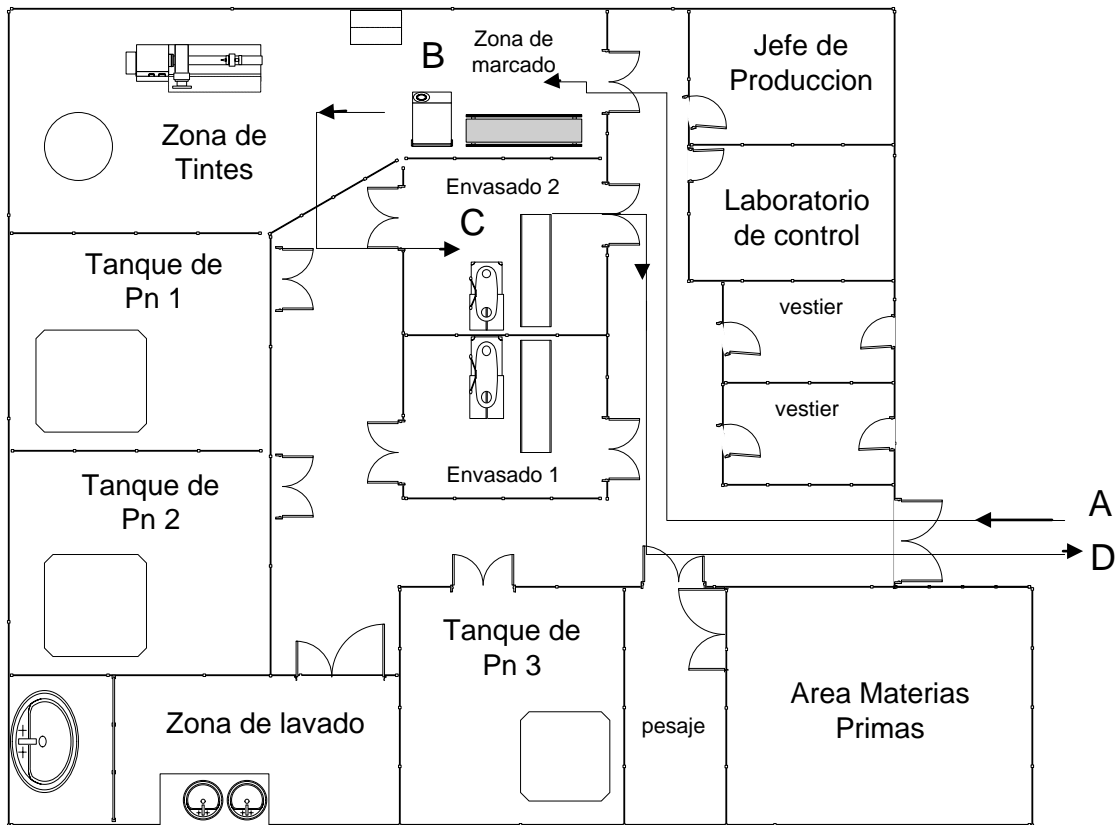


7. DESARROLLO Y DISCUSION

7.1 ESTUDIO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Para realizar un análisis eficiente de la distribución de planta se inició con el levantamiento del plano de distribución de planta actual de la compañía (figura 4) en el cual se denotan cada una de las zonas de trabajo de la planta productiva de Naprolab S.A., también se muestran la ubicación actual de las máquinas mencionadas en el planteamiento del problema.

Figura 4. Distribución actual de Naprolab S.A



La figura 4, muestra la actual distribución de la planta en la que se puede apreciar las dos líneas de envasado (envasado 1 y envasado 2) y la zona de marcado que se analizarán en este proyecto.

En la figura 4 se identifican con números las actividades que se realizan en el proceso, a continuación se describen las actividades ilustradas.

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES ILUSTRADAS EN FIGURA 4.

(A) RECEPCION DE MATERIAL DE EMPAQUE POR PARTE DEL OPERARIO.

La recepción del material se realiza diligenciando y firmando una orden de requisición de envases y de tapas, según lo programado por el jefe de producción; el operario de almacenes debe subir hasta el tercer nivel donde se encuentra la bodega de materiales, seleccionar los envases y tapas correspondientes y luego entregar los requerimientos en producción (segundo nivel), posteriormente se procede a trasladar los envases hasta la zona de marcado.

(B) MARCADO DE LOS ENVASES CON SU RESPECTIVO NÚMERO DE LOTE.

Una vez recibido el envase e identificado el número de lote correspondiente, se programa la máquina INJET con dicho número y se inicia el proceso de marcado. El proceso de marcado consta de un paso inicial que es la programación de la máquina verificando su correcto funcionamiento y legibilidad en el texto. A continuación se pasan cada uno de los envases por la banda transportadora de la máquina, en la cual una vez el sensor ubicado frente a la banda en forma perpendicular, capta la presencia de un envase imprime el número de lote configurado mediante el impresor láser que está ubicado inmediatamente después del sensor; por último, los envases caen por gravedad a una bolsa plástica que luego es trasladada a la línea de envasado.

(C) EMPAQUE TOTAL DE LOS ENVASES.

Los envases son entregados a la línea de producción en la cantidad indicada para envasar los kilogramos correspondientes del bache producido en la cantidad que debe contener cada unidad. Los operarios de envasado trasladan los tanques plásticos a la línea de envasado en un carro hecho en acero inoxidable de una altura igual a la de las estibas de la planta (con el fin de facilitar el paso del tanque desde la estiba hacia el carro, para su posterior desplazamiento) y verificar que el número de lote corresponda con el marcado en los envases.

El proceso de llenado se inicia de manera semiautomática, donde un operario programa la velocidad de llenado y la cantidad a envasar, este operario está sentado frente a la máquina, en un costado coloca los envases y en el otro está la mesa donde coloca las unidades llenadas para que un segundo operario proceda con el tapado de las unidades y el almacenamiento en canastillas plásticas

(D) SALIDA Y ENTREGA DE PRODUCTO TERMINADO.

Las canastillas plásticas que están llenas de productos terminados (marcados, llenos y tapados) se deben llevar a la zona de entrega de producto terminado con una orden de ensamble en la cual se relacionan los productos entregados, los materiales utilizados y las firmas de los responsables, con este formato el auxiliar de bodega revisa las unidades escritas versus las unidades físicas y las desplaza hacia bodega (Dicha bodega se encuentra en el primer nivel de las instalaciones); este formato (orden de ensamble) luego es llevado al departamento de inventarios para alimentar el sistema interno de la compañía.

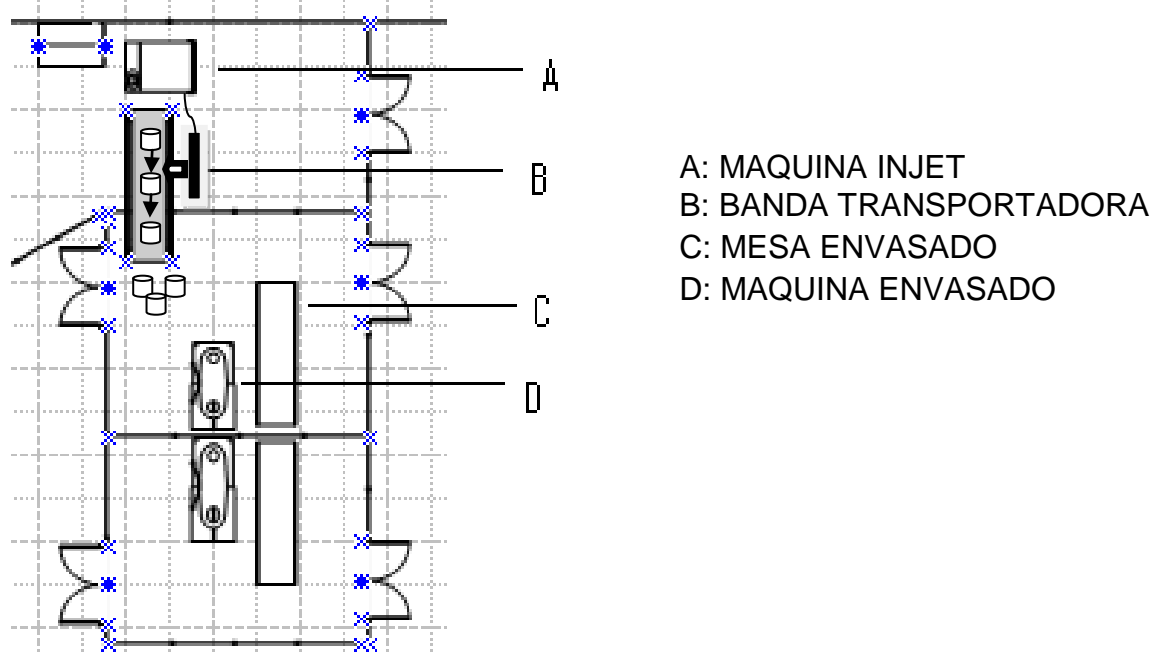
De manera general estas son las actividades realizadas por parte de los operarios de envasado de Naprolab S.A; analizando los recorridos, se puede notar que el primer recorrido (transporte de material a zona de marcado) es el más largo y que los más cortos son desde las líneas de envasado hacia la zona de entrega de producto terminado. Debido a la estructura de la planta de la compañía, ese primer recorrido no sería posible disminuirlo por la cantidad de dinero tan grande que habría que invertir para cambiar algunos lugares y así mismo, poder disminuir recorridos; pero si se puede optimizar la parte de proceso, aprovechando los recursos y analizando si todos los recorridos existentes son necesarios; la forma más efectiva de realizar los recorridos sería utilizando las dos puertas existentes en las líneas de envasado (envasado 1 y envasado 2), la figura 4 muestra que la puerta de la izquierda en ambas líneas es la que está más cercana a la maquina envasadora, estas puertas se establecerían como las puertas de ingreso de envase, pasan por el proceso de envasado y tapado respectivo, posteriormente se evacua el producto terminado por la siguiente puerta (puerta derecha), así garantizamos que no hayan contraflujos de envases y producto terminado, realizando el flujo de materiales y productos de manera adecuada se evita congestión en los pasillos como también en la zona de entrega de materiales, de esta forma el tiempo que demora un envase en entrar a la línea para ser envasado se reduce y la productividad incrementa.

Como se puede observar en figura 4, desde la zona de marcado (B) hasta la línea de envasado (C), existe un recorrido que es realizado por un operario de planta. Analizando la situación, si la zona de envasado tiene una banda transportadora que es utilizada para el marcado del envase, ¿porqué no utilizarla para alimentar directamente la línea de envasado y así, disminuir un transporte innecesario que solo acarrea gastos e improductividad para la empresa?

Las bandas transportadoras son una buena opción de movilidad de mercancía dentro de la compañía y en este caso en la planta de producción de Naprolab S.A. A simple vista da la impresión que la banda transportadora utilizada en el proceso no está siendo usada de la manera más productiva, porque solamente esta transportando los envases en la zona de marcado de envase y no hacia otra zona de trabajo.

Para solucionar la situación anterior se podría colocar la banda transportadora perpendicular a su ubicación actual, para de esta manera usarla en su marcado rutinario con la diferencia de que el envase marcado termina de pasar por la banda transportadora y alimenta directamente la línea de envasado (Figura 5), así se pueden disminuir costos y tiempos, como también hacer más productivo el proceso.

Figura 5. MODIFICACION LINEA ENVASADO



En el diseño indicado en el figura 5, se ilustra cómo la banda transportadora entra en la línea de envasado alimentándola con envase marcado preparado para envasar, la situación a resolver es que solo se cuenta con una máquina injet, de esta manera solo alimentará de envase marcado a una sola línea; pero ¿Cuál será la mejor opción para aumentar la productividad en las dos líneas?, ¿invertir sería una buena alternativa?

Para dar una respuesta correcta a la pregunta anterior, se debe analizar la solución desde el punto de vista productivo, ecológico y económico; es por ello que surge una nueva idea; que es fusionar la línea de envasado con la operación de marcado; principalmente esta fusión consiste en eliminar uno de los cuatro pasos actuales para el envasado de productos cosméticos, esto reduce las operaciones requeridas y agiliza el proceso, realmente se elimina el espacio destinado para el marcado, se dispone del operario para otras actividades y se procede a realizarlo en línea. Si se instala la banda transportadora junto con la Injet dentro de la línea de envasado en lugar de la mesa de tapado, se puede hacer más productivo el proceso, la operación radica en ingresar los envases directamente a la línea (evitando la etapa de marcado), envasar el producto como se realiza actualmente y colocarlo sobre la banda transportadora, la cual tendrá configurada la Injet para que marque el número de lote correspondiente durante el trayecto sobre la banda, al final de la misma estará el operario encargado de tapar los envases, realizando su operación y acomodando los productos terminados en canastillas plásticas para su posterior entrega a bodega. Esta misma adecuación se realizaría para la otra línea de envasado para poder igualar la productividad de ambas. Para alcanzar el objetivo se debe realizar una inversión que corresponde a la compra de una máquina Injet adicional y una banda transportadora en acero inoxidable (condición obligatoria para planta de producción cosmética).

A continuación se indican los valores comerciales correspondientes para cada uno de los equipos requeridos para la modificación mencionada en el paso anterior:

Cuadro 2. Cotización de maquinaria requerida para adecuaciones.

ELEMENTO	COTIZACION 1	COTIZACIÓN 2
Marcadora Injet	\$ 14.500.000 Codimarket (Bogotá)	\$ 8.500.000 (usada) José Joaquín Gil
Banda transportadora acero inoxidable	\$ 5.000.000 Codimarket (Bogotá)	

Fuente: Departamento Financiero Naprolab S.A.

La cotización de las máquinas se realizó con empresas con las cuales se ha adquirido maquinaria de diferente tipo en ocasiones anteriores.

Con la cotización del cuadro 2, se puede decir que la inversión necesaria para llevar a cabo los cambios en la planta, es cercana a \$ 13.500.000 si se opta por la marcadora Injet usada que es \$6.000.000 más económica y de \$19.500.000 si se compran las máquinas totalmente nuevas. Esta inversión permitirá hacer más productivo el proceso, ya que se estima que la productividad aumente un 20 % al eliminar la operación de marcado como actividad independiente y pasar a realizarla en línea, esta situación permitirá que se eliminen demoras en inicio de envasado por ausencia de envase marcado, además se tendrá disponibilidad de un operario y se tendrá un espacio libre dentro de la planta al cual se le puede dar un uso diferente.

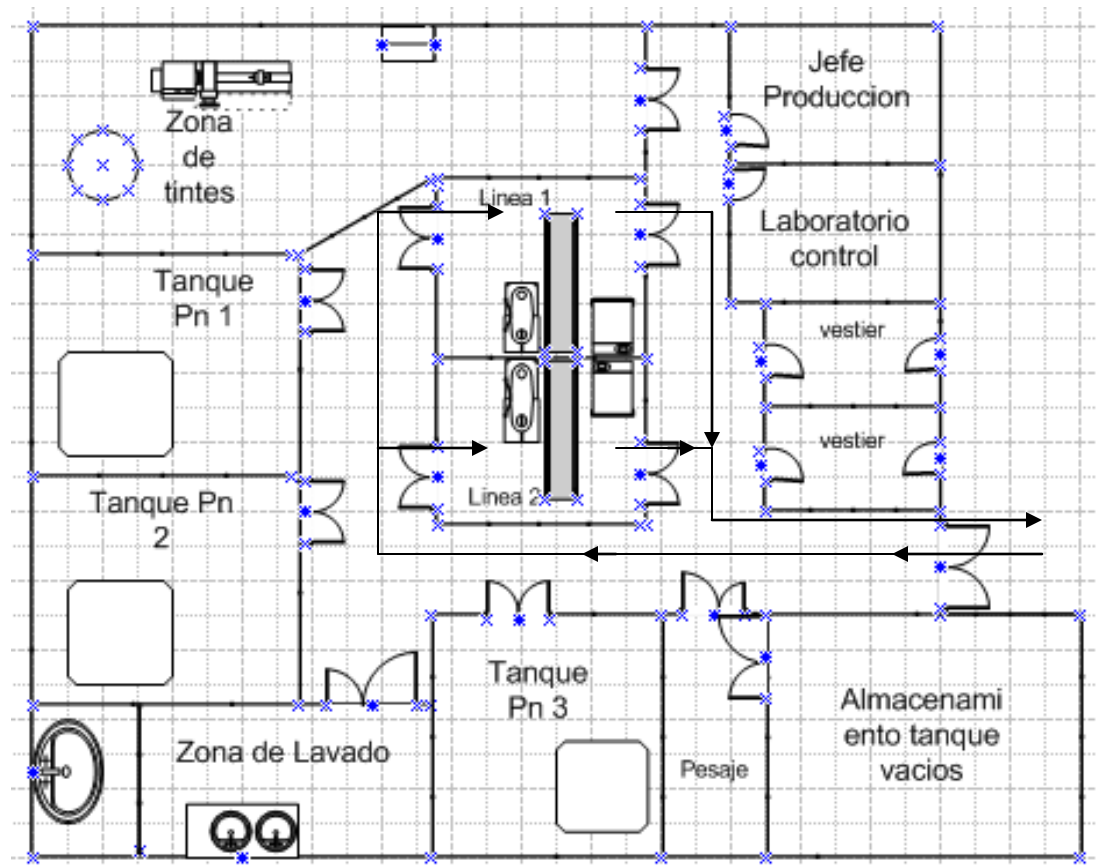
Suponiendo que la inversión realizada sea de \$ 13.500.000 y que el salario del operario de marcado es de \$ 800.000 mensuales, se puede decir que el retorno de la inversión será a mediano plazo, concretamente en 19 meses (teniendo en cuenta la tasa de interés que actualmente es de 8% i.e.a), situación favorable para la compañía en términos económicos.

$$\frac{\$13.500.000 + 8\% \text{ i.e.a}}{\$800.000 / \text{mes}} = 18,225 \text{ meses equivalentes a 19 meses}$$

Cabe resaltar que las inversiones de esta calibre son muy bien analizadas por empresas PYMES y que cualquier tipo de ahorro es considerado para no impactar tanto la economía de la compañía.

A continuación se muestra el diseño de planta con el supuesto que se lleve a cabo la inversión sugerida, la planta constaría de dos líneas de envasado completas, un área de trabajo disponible y un operario disponible. La ilustración de la planta sería de la siguiente manera.

Figura 6. Propuesta de redistribución de planta productiva



Como se observa en la figura 6, las dos líneas de envasado que actualmente existen en Naprolab, estarán equipadas por la máquina envasadora neumática semiautomática tradicional, la máquina Injet y la banda transportadora de velocidad graduable, además de los dos operarios, esto permitirá reducir el *lead time* de los productos haciendo más productivo el proceso general de envasado.

La inversión requerida (cuadro cotizaciones), no conlleva a gastos extras como por ejemplo de instalaciones eléctricas o sistemas de aire comprimido adicional, ya que la línea de envasado cuenta con los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento del conjunto de máquinas (corriente eléctrica de 110 v y 220 v) como también tubería de aire comprimido.(Anexo plano escala 1:100)

Las paredes para una correcta distribución de planta, pueden ser un inconveniente, ya que limitan la ubicación de las máquinas a un espacio

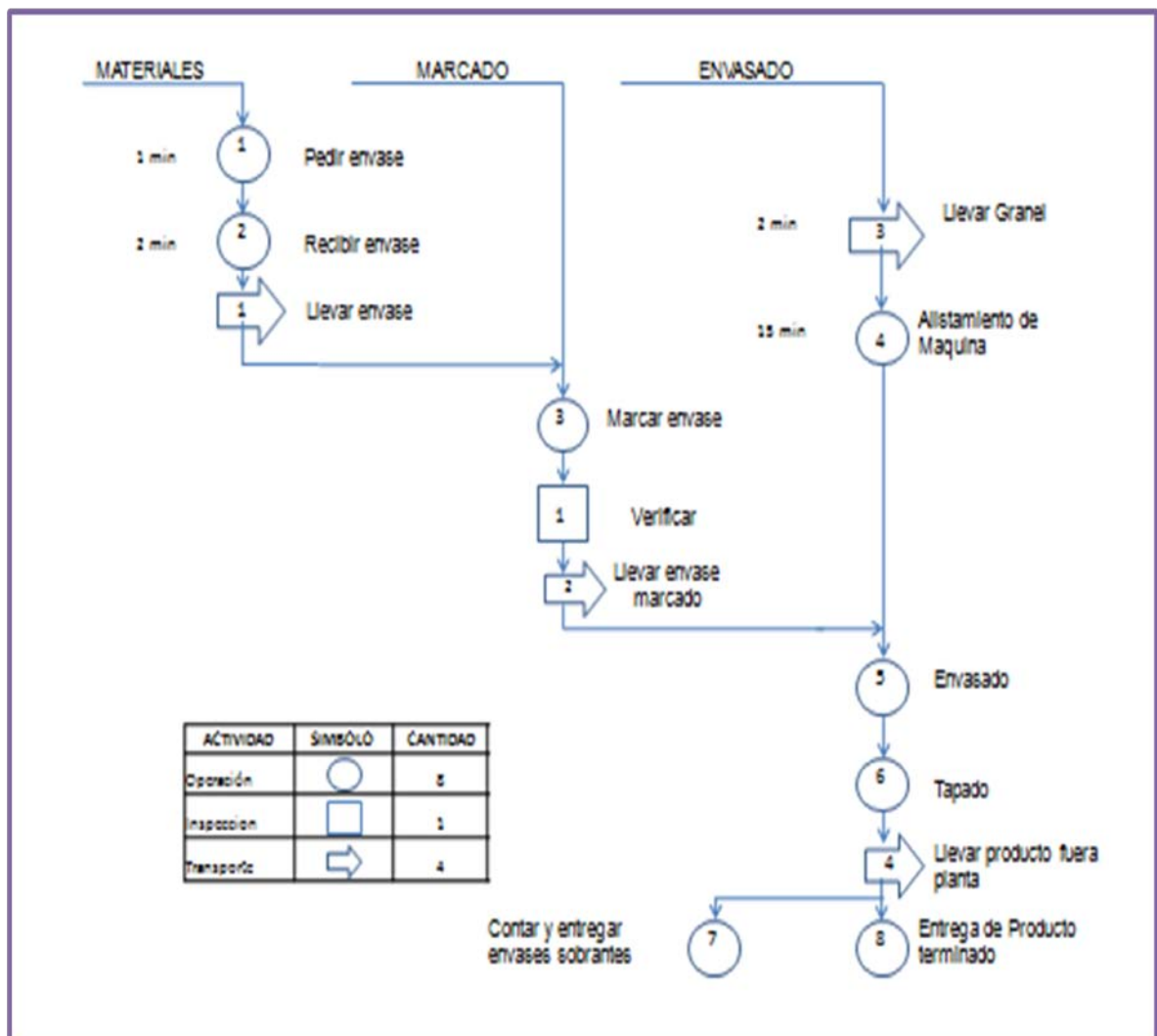
determinado, por lo tanto, se puede manejar la opción de derribar las paredes y cambiar de lugar las conexiones que hay en ellas, ya sea colocándolas en el suelo o vía aérea; esta modificación implica un costo adicional que incluye: costo de derrumbar las paredes, costo de cambio de conexiones (eléctricas, aire comprimido), costo de terminado de la zona (requisito de INVIMA¹², superficies planas), pero con el espacio disponible se puede realizar la adecuación completa de la línea, sin la necesidad de derribar ninguna pared.

7.2 ESTUDIO DE MÉTODOS

El proceso de rediseño de planta contempla un cambio en el diagrama de proceso para el envasado en Naprolab, donde actualmente se realiza de la siguiente manera:

¹²Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. Es la entidad encargada de vigilar y asegurar el adecuado funcionamiento de empresas cosméticas, farmacéuticas y alimenticias.

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso actual para envasado en Naprolab



Según como se muestra en el anterior diagrama de flujo de proceso (figura 7), el proceso cuenta con 8 operaciones, 4 transportes y 1 inspección.

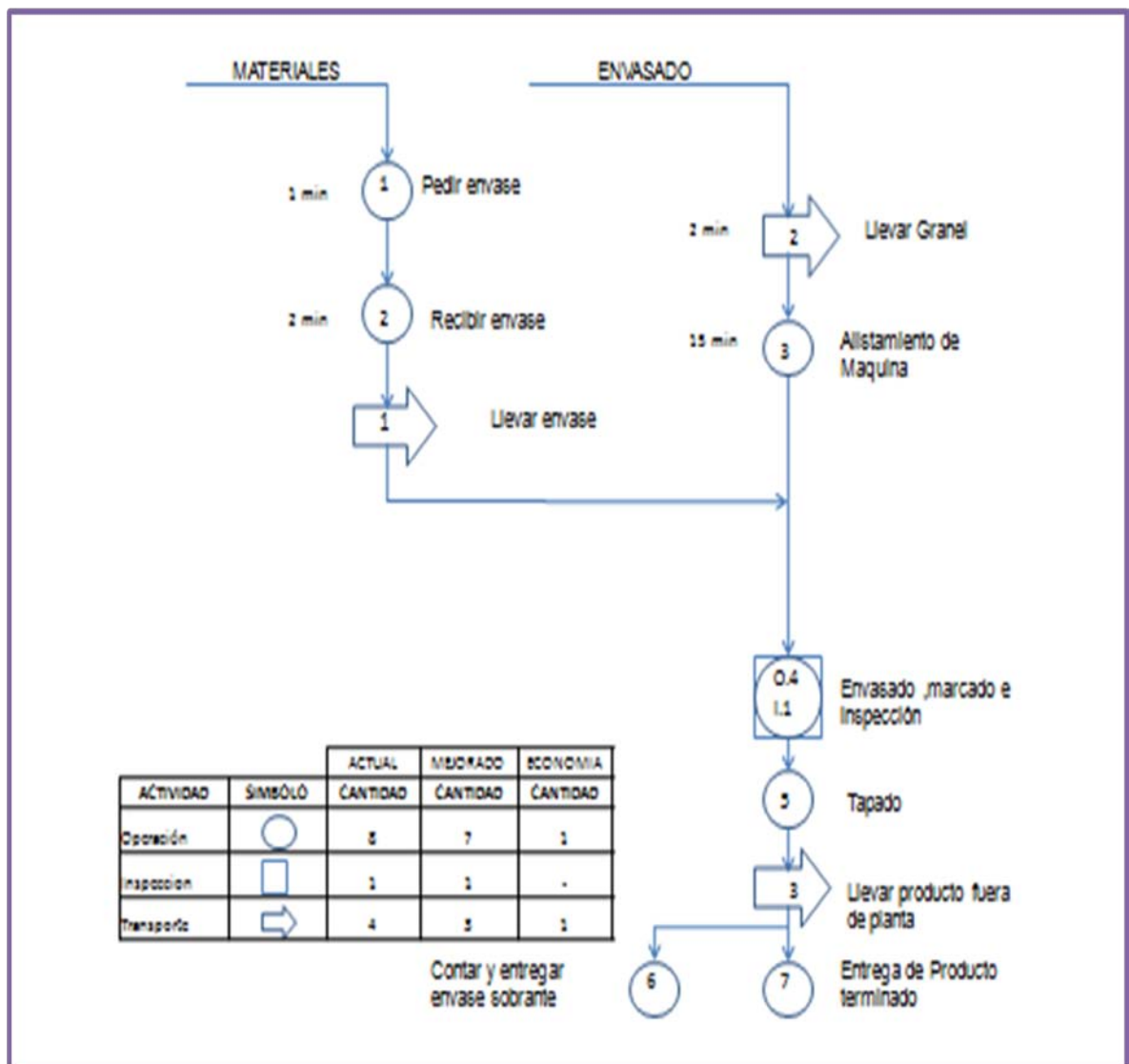
Operaciones:

- ❖ Pedir envase a Auxiliar de almacén (operación): En esta operación se entrega la requisición de envase (generada por Director de Producción), para disponer del envase en planta y comenzar el proceso; después de diligenciada y entregada la requisición de envase, el auxiliar se dirige a la bodega de material de empaque, selecciona y entrega el producto junto con las cantidades pedidas.

- ❖ Recibir envase: se recibe el envase y se diligencia un documento donde el operario confirma que recibió la cantidad dicha por el auxiliar de almacén.
- ❖ Llevar envase a zona de marcado (transporte): el envase es llevado a la zona de marcado, donde por medio de la máquina de impresión Injet se identifican los envases con el número de lote respectivo.
- ❖ Marcado de envase (operación y control): el operario encargado del marcado del envase, realiza su operación con la máquina Injet y simultáneamente revisa que los productos no tengan ninguna anomalía (*screen*, deformidades, manchas, sucios, entre otros).
- ❖ Verificación de limpieza (control): control de calidad revisa que la limpieza y despeje de línea haya sido realizado correctamente.
- ❖ Llevar envase a zona de envasado (operación): como su nombre lo indica, después del marcado del envase, se pasa a la línea para su llenado.
- ❖ Llevar granel a zona de envasado (operación): como su nombre lo indica, se lleva el granel del lote a envasar a la línea para su envasado.
- ❖ Alistamiento de la maquina (operación): el operario encargado de la máquina envasadora.
- ❖ Envasado: se inicia el proceso de envasado por parte del operario 1.
- ❖ Tapado: una vez iniciado el envasado, el operario 2 inicia el proceso de tapado.
- ❖ Llevar producto fuera de planta: el producto se lleva junto con una orden a la puerta de salida de producto terminado, donde llega un operario de despachos y se lleva la mercancía hacia la bodega.
- ❖ Contar y entregar envases sobrantes: todo el material que se requirió, pero no fue utilizado, se cuenta y se entrega al operario de almacenes.
- ❖ Entregar producto terminado: se totaliza la producción envasada por la línea y se entrega al operario de despachos, quien revisa y firma la orden de entrega.

Las anteriores son las actividades que se realizan con la distribución actual de la planta de Naprolab, al realizar las adecuaciones se busca agilizar el proceso y hacer más rápido y productivo el proceso, sin alterar el correcto desempeño del producto y cumpliendo con los estándares de calidad exigidos.

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso mejorado para envasado Naprolab.



En la figura 8, se presenta el diagrama de proceso propuesto al realizar las respectivas modificaciones, las operaciones reducen de 8 a 7 (una combinada con verificación de envase), ya que se elimina la operación *marcado de envase*, los transportes pasan de 4 a ser solamente 3, en este caso la inspección del envase está a cargo del operario de envasado y se anula la el transporte del *envase marcado a la línea de envasado*, esto es bueno ya que el transporte es una operación que no genera valor.

Al desaparecer esta operación y este transporte, el operario encargado de realizar estas funciones estará sin tareas a realizar, por lo tanto se puede utilizar para disminuir el tiempo de ciclo por unidad, apoyando la operación que mayor tiempo demora; para saber cual es dicha operación, se realizó un estudio de métodos y tiempos a las líneas de envasado.

7.3 ESTUDIO DE TIEMPOS

El método de llenado en Naprolab S.A. consiste principalmente en que una vez el operario tiene los envases en su cubículo, los coloca a su costado izquierdo de la zona de trabajo, inicia el proceso de envasado tomando envases vacíos con su mano izquierda, llevándolo al centro (hasta la boquilla de la máquina), llena y coloca en la mesa de tapado con su mano derecha, donde el segundo operario se ocupa de tapar el envase y acomodar en canastillas plásticas.

Para iniciar el proceso de toma de tiempos se seleccionó un trabajador representativo cuya competencia y desempeño correspondan al promedio del grupo, además, se pudo evaluar al operario realizando todas las funciones ya que por política de la compañía, todos los operarios se deben rotar las funciones y no apoderarse de una máquina.

Proceso de envasado

Para el proceso de llenado se tuvieron en cuenta los diferentes tamaños de los envases que se utilizan en la compañía, es por ello que se tabularon los tiempos con sus respectivas presentaciones.

Cuadro 3. Rangos de ciclos de tiempo de la General Electric.

TABLA DE LA GENERAL ELECTRIC	
Tiempo de ciclo en minutos	Numero de ciclos recomendados
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
G2,00	20
2,00 - 5,00	15
5,00 - 10,00	10
10,00 - 20,00	8
20,00 - 40,00	5
40,00 - en adelante	3

Fuente: Manual de estudio de tiempos de los trabajos Erie de la General Electric Company

El cuadro 3 hace referencia al número de ciclos que se deben observar, se obtiene que para cada una de las presentaciones arroja un número de observaciones diferentes; para evitar toma de observaciones diferentes se decide trabajar con las observaciones indicadas para la referencia de mayor rotación y la que mantiene mayor tiempo en proceso, esta referencia es la de 300 mL; se toma esta decisión porque casi el 50% del tiempo las líneas están envasando productos por este volumen, de esta manera se pueden tomar los tiempos a diferentes horas y obtener datos reales del estudio realizado; el número de ciclos a cronometrar es de 40 ciclos porque el tiempo de envasado (10 unidades x 300 mL) es de 46, 36 segundos que equivalen a 0,77 minutos, si se interpola este valor con los datos de la tabla, el numero de valoraciones obtenidas seria de 39 ciclos; se toma al valor de de 0,75 minutos (40 ciclos) para tener mayor confiabilidad a los tiempos cronometrados.

Cuadro 4. Tabulado de tiempo de llenado vs presentaciones.

Tiempo (seg)	PRESENTACIONES				
	10 und x 100 mL	10 und x 200 mL	10 und x 300 mL	10 und x 500 mL	10 und x 600 mL
1	20,83	31,47	45,98	44,68	50,58
2	18,91	28,73	44,90	47,63	52,13
3	20,31	33,31	46,74	46,99	52,05
4	22,45	32,80	47,60	47,14	50,64
5	21,45	31,30	46,33	44,69	51,45
6	20,76	33,26	45,89	47,31	56,67
7	20,39	33,35	47,32	46,94	55,43
8	21,03	29,50	46,84	44,21	54,56
9	20,18	31,20	46,32	47,45	51,56
10	21,08	28,49	47,91	45,27	50,48
11	20,41	33,32	45,38	46,28	51,63
12	19,37	28,68	46,77	45,34	50,36
13	20,33	29,56	47,43	46,87	53,65
14	19,89	29,44	47,39	44,38	57,23
15	20,67	30,21	46,40	47,85	54,46
16	20,19	32,23	47,21	46,34	57,43
17	20,58	34,35	47,90	47,56	56,89
18	21,04	30,46	45,72	41,50	52,21
19	19,23	32,89	46,09	42,67	56,32
20	19,78	29,45	47,10	48,43	58,43
21	20,77	32,97	45,82	46,25	51,24
22	19,61	30,46	46,43	48,34	58,43
23	20,81	28,88	47,31	47,25	58,30
24	19,12	30,86	45,89	48,80	57,34
25	19,40	31,26	44,39	46,65	51,25
26	20,33	32,21	46,66	47,78	52,48
27	20,86	31,76	47,39	48,54	56,45
28	20,55	32,56	48,09	45,34	55,55
29	21,11	33,38	46,28	41,50	51,47
30	20,91	32,90	47,34	46,21	52,72
31	19,52	32,12	46,90	48,43	50,63
32	19,99	33,26	48,12	49,56	51,90
33	20,58	32,73	46,70	50,10	54,69
34	19,39	30,21	48,11	46,67	55,40
35	21,04	32,41	41,58	42,67	51,72
36	21,00	31,69	45,75	42,78	50,73
37	20,67	30,56	44,39	45,67	50,55
38	20,53	32,41	44,78	48,54	51,08
39	19,86	31,27	45,43	47,89	50,31
40	20,60	29,89	43,92	46,67	50,67
PROMEDIO	20,31	31,44	46,36	46,38	54,22

En el cuadro 4 se puede notar que hay un comportamiento casi lineal en el que a medida que aumenta el volumen de llenado, también aumenta el tiempo requerido; este es un comportamiento lógico porque al aumentar el volumen de llenado el pistón de la máquina tomará más tiempo en llenarse y luego en dispensar el producto al envase; sin embargo los volúmenes de 300 mL y 500 mL tienen valores parecidos en los tiempos cronometrados, este escenario se debe a la forma de los envases, por un lado está el envase bala de 500 mL que al tener una boca angosta (como se muestra en la figura 8) permite que la boquilla llenadora pueda ingresar en el envase y no se presenten derrames sobre la rosca, esto hace un poco más rápida la operación que en el envase pote de 300 mL, el cual tiene boca ancha y cualquier tipo de derrame sobre la misma no permite que el *linner* de la tapa se adhiera al envase, ya que por la naturaleza de los tratamientos (alcoholes grasos, siliconas y demás componentes) hace que el *linner* resbale al cerrar el envase y no se presente el sello correspondiente. Se promediaron los tiempos en una hoja de cálculo sumando los cuarenta datos tomados y luego dividiéndolos por el número de datos (40 datos) para tener un dato correspondiente a la media que permita hallar el tiempo estándar de una manera más adecuada.

En el cuadro 5, se muestran los tiempos cronometrados de la operación de tapado, cabe resaltar que los envases de 100 mL, 200 mL y 500 mL, son envases tipo bala, diferente a los envases de 300 mL y 600 mL que son envases tipo pote, esta característica hace que la tapa de cada envase cambie, por ello se presentan cambios en los tiempos ilustrados en la tabla 3. El envase bala consiste en un recipiente de forma cilíndrica delgada donde el volumen que ocupa lo obtiene principalmente por la altura del envase, también tiene una boquilla angosta de 24 mm, que permite acoplar la boquilla del envase con la boquilla de la máquina de una manera correcta; mientras que el envase pote es un envase de poca altura pero de gran diámetro generalmente de 90 mm en la parte superior y un poco más ancho en la base del envase (120 mm). La figura 9, muestra algunos de los productos de la compañía y sus diferentes presentaciones.

Figura 9. Envase Bala por 200 y 500 mL y Pote por 600 y 300mL



Cuadro 5. Tabulado de tiempo de tapado vs presentaciones

Tiempo (seg)	PRESENTACIONES				
	10 und x 100 mL	10 und x 200 mL	10 und x 300 mL	10 und x 500 mL	10 und x 600 mL
1	26,33	24,23	34,53	28,57	36,87
2	26,12	28,47	36,80	28,43	37,55
3	27,14	26,65	31,76	29,06	38,43
4	28,33	31,99	34,56	28,51	38,91
5	26,56	25,28	36,32	29,02	37,57
6	27,32	33,91	36,78	27,36	39,25
7	26,49	28,38	35,41	25,36	35,28
8	27,41	33,61	39,35	28,94	36,46
9	27,23	27,41	36,34	26,90	38,11
10	28,58	28,22	33,84	27,22	35,30
11	26,42	29,67	39,65	28,15	39,12
12	27,39	30,21	38,43	27,56	39,54
13	26,22	29,69	36,78	26,90	38,65
14	27,21	31,13	35,38	27,87	38,45
15	28,17	28,45	34,54	27,93	36,67
16	26,38	28,89	38,33	28,57	38,65
17	26,58	30,31	37,38	30,04	36,23
18	27,11	29,45	37,87	27,54	37,34
19	26,9	30,21	38,23	28,25	37,45
20	26,77	28,24	36,34	27,57	38,46
21	27,32	29,56	39,45	29,34	36,21
22	26,89	30,34	38,54	28,45	35,36
23	25,12	27,45	31,45	27,87	34,45
24	27,4	28,87	33,45	26,45	33,46
25	26,56	29,76	35,56	27,34	38,45
26	26,86	28,67	38,43	26,45	37,65
27	27,35	26,87	37,32	27,48	37,45
28	26,88	31,48	32,54	26,21	38,23
29	27,43	32,89	39,58	28,24	39,45
30	27,74	32,46	31,46	23,45	38,24
31	26,78	32,16	32,48	27,54	37,48
32	27,12	31,15	36,13	28,45	38,34
33	26,9	33,67	32,14	21,23	36,65
34	27,33	34,67	33,18	26,11	37,45
35	28,12	33,10	34,23	27,12	38,50
36	27,46	30,15	31,34	25,65	38,34
37	26,99	32,56	36,18	28,34	36,45
38	24,87	30,10	37,45	28,21	37,45
39	26,41	35,68	34,45	21,45	35,56
40	27,47	33,11	37,45	28,34	38,50
PROMEDIO	26,99	30,23	35,79	27,34	37,45

El cuadro 5 muestra el comportamiento de los tiempos frente a las diferentes presentaciones, se puede notar que los tiempos de las presentaciones 100, 200 y 500 mL presentan un comportamiento muy similar cercano a los 28 segundos (10 und), mientras que las presentaciones de 300 y 600 mL también tienen un tiempo de tapado similar cercano a los 36 segundos (10 und), esto es debido a la diferencia de las tapas, los resultados obtenidos nos indican que la operación de tapado para envases de pote es más engorrosa o implica mayor trabajo que las tapas del envase bala, este es un factor importante el cual se debe analizar, para hallar la manera en que el tapado de los envases por 300 mL se puedan realizar de una manera más rápida, ya que esta es la referencia que más se trabaja en las líneas de envasado.

Cuadro 6. Tabulado de tiempo de marcado vs presentaciones.

Tiempo (seg)	PRESENTACIONES				
	10 und x 100 mL	10 und x 200 mL	10 und x 300 mL	10 und x 500 mL	10 und x 600 ML
1	8,21	10,17	7,58	9,35	10,53
2	7,89	12,05	7,38	9,58	10,91
3	7,01	10,44	7,66	9,87	11,56
4	6,89	11,45	8,56	10,21	11,22
5	6,34	12,5	9,34	10,65	10,42
6	9,04	11,05	9,25	11,03	10,94
7	8,34	10,45	12,10	9,67	11,04
8	7,23	11,78	11,05	9,79	10,45
9	6,35	10,56	12,50	10,31	9,57
10	8,56	12,45	8,53	10,11	10,43
11	9,03	10,15	9,50	9,74	10,07
12	7,79	11,45	8,23	9,42	9,64
13	7,78	11,89	10,5	9,79	10,22
14	7,65	12,76	11,10	10,07	9,31
15	9,50	12,34	11,65	9,05	8,69
16	8,89	10,34	11,86	10,95	9,91
17	6,78	12,86	12,50	9,14	8,36
18	7,87	12,03	12,06	8,79	10,31
19	8,54	11,54	11,05	10,22	9,84
20	8,34	10,89	10,90	10,36	10,11
21	9,01	10,12	9,65	9,54	10,08
22	8,34	11,10	9,90	9,32	9,03
23	6,78	12,45	9,05	9,06	9,55
24	7,67	11,48	8,46	10,43	10,01
25	9,48	10,50	8,54	10,81	8,83
26	9,56	12,43	10,54	9,05	10,10
27	8,78	11,45	10,45	9,02	9,54
28	8,65	10,54	8,50	9,75	8,12
29	7,56	11,34	8,89	10,10	8,93
30	8,34	12,05	9,65	9,57	9,52
31	8,01	12,23	9,50	9,33	10,63
32	7,88	10,42	9,14	10,02	9,12
33	8,66	10,96	8,54	9,67	8,01
34	7,90	11,45	8,81	10,04	10,14
35	8,70	11,34	8,43	9,55	9,38
36	9,12	11,07	8,19	8,80	8,48
37	8,34	10,79	9,41	9,72	9,76
38	8,67	12,56	9,55	10,41	10,21
39	9,02	12,01	10,01	9,58	9,45
40	8,88	10,35	9,22	9,66	9,11
PROMEDIO	8,18	11,39	9,69	9,80	9,79

El cuadro 6 es la tabla que muestra un poco de uniformidad en los tiempos, todos están cercanos a los 9 segundos (10 und), a excepción de la presentación por 200 mL, la razón de que este sea un poco mayor se debe a que los envases llegan a producción en bolsas más pequeñas, por lo tanto el operario debe destinar más tiempo a destapar bolsas que a estar marcando el envase, durante lo visto en el curso de ingeniería de métodos, los tiempos que se destinen a tareas diferentes a la cronometrada se deben sumar y dividir por el número de unidades totales y por ultimo sumar el valor obtenido al tiempo de cada una de las unidades producidas, es por ello que el tiempo destinado a destapar bolsas y adecuar nuevamente el puesto de trabajo para seguir con la actividad se debe sumar a las unidades marcadas.

Cuadro 7. Promedio de tiempos cronometrados y valoraciones

	100 mL		200 mL		300 mL	
OPERACIÓN	TIEMPO	VALORACION	TIEMPO	VALORACION	TIEMPO	VALORACION
LLENADO	20,31 seg	85%	31,44 seg	90%	46,36seg	80%
TAPADO	26,99seg	90%	30,23seg	80%	35,79seg	90%
MARCADO	8,18seg	100%	11,39seg	95%	9,69 seg	100%
	500 mL		600 mL			
OPERACIÓN	TIEMPO	VALORACION	TIEMPO	VALORACION		
LLENADO	46,38seg	75%	54,22 seg	90%		
TAPADO	27,34seg	90%	37,45seg	85%		
MARCADO	9,80seg	100%	9,79 seg	100%		

Para efecto de calificar la valoración del ritmo de trabajo, se hizo comparando la idea interiorizada del ritmo normal del analista con el ritmo de trabajo del trabajador.

El cuadro 7 muestra la valoración asignada a la acción cronometrada, en la operación de marcado se puede decir que se trabajo al ritmo que se debía trabajar, mientras que en las operaciones de llenado y tapado no se estaba realizando el trabajo al ritmo que se debía hacer, ahora se utilizaran estos datos para determinar los tiempos normales de las operaciones. La tabla 6 muestra los datos obtenidos de tiempos normales, producto de la valoración del ritmo de trabajo y el tiempo cronometrado mostrados en la tabla anterior.

Cuadro 8. Tiempos normales de las actividades observadas

100 mL			
OPERACIÓN	TIEMPO	VALORACION	TIEMPO NORMAL
LLENADO	20,31 seg	85%	17,26 seg
TAPADO	26,99seg	90%	24,29seg
MARCADO	8,18seg	100%	8,18seg
200 mL			
OPERACIÓN	TIEMPO	VALORACION	TIEMPO NORMAL
LLENADO	31,44 seg	90%	28,30 seg
TAPADO	30,23seg	80%	24,18seg
MARCADO	11,39seg	95%	10,82seg
300 mL			
OPERACIÓN	TIEMPO	VALORACION	TIEMPO NORMAL
LLENADO	46,36seg	80%	37,09seg
TAPADO	35,79seg	90%	32,21seg
MARCADO	9,69 seg	100%	9,69 seg
500 mL			
OPERACIÓN	TIEMPO	VALORACION	TIEMPO NORMAL
LLENADO	46,38seg	75%	34,78seg
TAPADO	27,34seg	90%	24,61seg
MARCADO	9,80seg	100%	9,80seg
600 mL			
OPERACIÓN	TIEMPO	VALORACION	TIEMPO NORMAL
LLENADO	54,22 seg	90%	48,80 seg
TAPADO	37,45seg	85%	31,83seg
MARCADO	9,79seg	100%	9,79seg

Teniendo los tiempos normales de las actividades observadas, se procede a hallar el tiempo estándar de las operaciones, este consiste en tener en cuenta los suplementos, suplemento es el tiempo que se concede al trabajador con el objeto de compensar los retrasos, las demoras y elementos contingentes que son partes regulares de la tarea¹³.

Los suplementos se conceden por descanso, contingencia, políticas de la empresa o por casos especiales; en este caso se tomó la tabla de suplementos utilizada por Organización Internacional del Trabajo (OIT), en su libro Introducción al estudio

¹³ ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Introducción al estudio del trabajo. Estudio de métodos. 4 ed. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo (OIT), 1996. 522 p. ISBN 92-2-307108-9.

del Trabajo (Anexo A), también se tomaran los valores de suplementos para los hombres, ya que en la planta de Naprolab el 85% de los operarios son hombres (6 de 7 operarios son hombres).

Los suplementos utilizados para estas operaciones fueron los siguientes:

Suplementos

Suplementos constantes

Suplementos por necesidades personales	5%
Suplemento básico por fatiga	4%

Cantidades variables añadidas al suplemento básico por fatiga

Suplemento por trabajar de pie (solo operario marcado)	2%
Monotonía mental -trabajo bastante monótono	1%
Monotonía física – trabajo aburrido	2%

Los anteriores son los suplementos que aplican a las actividades observadas (12% para operarios de llenado y tapado y 14% para operario de marcado), aplican los fijos y los variables que en este caso están dados principalmente por la monotonía del trabajo; no aplican los demás debido a que los operarios trabajan sentados (a excepción de la operación de marcado que se realiza de pie), y en una postura normal, no levantan peso y la fuerza que realizan para desplazar las canastillas a la salida de la planta es muy poca porque se desplazan sobre unos carros en acero inoxidable y llantas de goma que hacen que la fuerza utilizada para desplazar el producto sea muy poca, la iluminación dentro de la planta es óptima y el clima es el adecuado, ya que cuenta con un sistema central de aire acondicionado, tensión visual no existe debido a que el trabajo no requiere de gran precisión ni esfuerzos visuales por encima de lo normal, la tensión auditiva es prácticamente nula porque los cubículos están separados por paredes y puertas que aíslan el sonido del exterior, la tensión mental no existe y la razón es porque el trabajo no presenta ningún tipo de complejidad.

Con los suplementos ya determinados se puede hallar el tiempo estándar de cada una de las operaciones y así mismo determinar el tiempo de ciclo para 10 unidades.

Cuadro 9. Tiempo estándar de cada operación

	100 mL		
OPERACIÓN	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTANDAR
LLENADO	17,26 seg	12%	19,34 seg
TAPADO	24,29seg	12%	27,20 seg
MARCADO	8,18seg	14%	9,32seg
	200 mL		
OPERACIÓN	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTANDAR
LLENADO	28,30 seg	12%	31,69 seg
TAPADO	24,18seg	12%	27,08seg
MARCADO	10,82seg	14%	12,33seg
	300 mL		
OPERACIÓN	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTANDAR
LLENADO	37,09seg	12%	41,54seg
TAPADO	32,21seg	12%	36,07 seg
MARCADO	9,69 seg	14%	11,05 seg
	500 mL		
OPERACIÓN	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTANDAR
LLENADO	34,78seg	12%	38,95seg
TAPADO	24,61seg	12%	27,56seg
MARCADO	9,80seg	14%	11,17seg
	600 mL		
OPERACIÓN	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTANDAR
LLENADO	48,80 seg	12%	54,65 seg
TAPADO	31,83seg	12%	35,64seg
MARCADO	9,79seg	14%	11,16seg

El cuadro 9, resume todo el trabajo realizado y arroja los tiempos que debe tardar los operarios en las ejecuciones de las tareas, teniendo en cuenta los retrasos,

demoras o suplementos concedidos por fatiga, necesidades fisiológicas o por las condiciones del trabajo y trabajando al ritmo adecuado.

Cuadro 10. Tiempo normal y estándar para 100 mL

	100 mL		
OPERACIÓN	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTANDAR
LLENADO (10 und)	17,26 seg	12%	19,34 seg
TAPADO (10 und)	24,29seg	12%	27,20 seg
MARCADO (10 und)	8,18seg	14%	9,32seg

En la presentación de 100 mL el tiempo de ciclo para 10 unidades está marcado por la operación de tapado, es decir, 27,20 segundos, pero también es el cuello de botella de la operación porque mientras el operario encargado de llenar demora 19,34 segundos en procesar 10 unidades el operario encargado de tapado demora 7,86 segundos más en realizar su operación a las mismas 10 unidades, esta situación genera una cola o un retraso que la mejor manera de equilibrarlo es brindando apoyo por parte del operario de llenado; ¿por qué el operario de llenado?, porque el rediseño de planta y la acomodación de las máquinas elimina de la operación al operario de marcado, en otras palabras, el total de operarios pasa de ser 3 (llenado, tapado y marcado) a ser 2 (llenado y tapado), porque el marcado se hace simultaneo en la línea, una vez se llena el envase, el pasa por la banda transportadora que tiene instalado la marcadora Injet y el envase llega marcado hasta el otro extremo de la banda donde se encuentra el operario de tapado.

Cuadro 11. Tiempo normal y estándar para 200 mL

	200 mL		
OPERACIÓN	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTANDAR
LLENADO (10 und)	28,30 seg	12%	31,69 seg
TAPADO (10 und)	24,18seg	12%	27,08seg
MARCADO (10 und)	10,82seg	14%	12,33seg

Con los tiempos estándar de la presentación de 200 mL (cuadro 11), se puede decir que el tiempo de ciclo aquí está marcado por la operación de llenado y esto genera que el operario de tapado tenga un tiempo improductivo de 4,61 segundos por cada 10 unidades (véase figura 10) y la única forma de reducir este tiempo improductivo es aumentar un poco la velocidad de la máquina envasadora, pero esto aumentaría el ritmo de trabajo del operario de envasado y lo fatigaría rápidamente, la única forma de atacar ese tiempo improductivo es asignar al operario las tareas de diligenciamiento de documentos y otras tareas que conciernen a la línea.

Figura 10. Diagrama Hombre-Máquina Envase x 200 mL.

Tiempo (seg)	Oper. Llenado	Oper. Tapado	Oper. Marcado
2	LLENADO 10 UND	TAPADO 10 UND	MARCADO 10 UND
4			
6			
8			
10			MARCADO 10 UND
12			
14			
16			
18			MARCADO 10 UND
20			
22			
24			
26	LLENADO 10 UND	TAPADO 10 UND	MARCADO 10 UND
28			
30			
32			
34			MARCADO 10 UND
36			
38			
40			
42			MARCADO 10 UND
44			
46			
48			
50			

Cuadro 12. Tiempo normal y estándar para 300 mL

	300 mL		
OPERACIÓN	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTANDAR
LLENADO (10 und)	37,09seg	12%	41,54seg
TAPADO (10 und)	32,21seg	12%	36,07 seg
MARCADO (10 und)	9,69 seg	14%	11,05 seg

Una situación similar ocurre con la presentación de 300 mL, donde al igual que el envase de 200 mL, el tiempo de ciclo está marcado por el tiempo de llenado (41,54seg) y el operario 2 presenta un tiempo improductivo de 5,47 segundos por cada 10 unidades, para contrarrestar esta situación se debe tomará las mismas medidas de la tabla anterior.

Cuadro 13. Tiempo normal y estándar para 500 mL

	500 mL		
OPERACIÓN	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTANDAR
LLENADO (10 und)	34,78seg	12%	38,95seg
TAPADO (10 und)	24,61seg	12%	27,56seg
MARCADO (10 und)	9,80seg	14%	11,17seg

El cuadro 13 presenta un tiempo de ciclo para la presentación de 500 mL de 38,95 segundos equivalente al tiempo de llenado y un tiempo de tapado de 27,56 segundos, esto solo indica que el tiempo improductivo del operario 2 de 11,39 segundos por cada 10 unidades.

Cuadro 14. Tiempo normal y estándar para 600 mL

OPERACIÓN	600 mL		
	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTANDAR
LLENADO (10 und)	48,80 seg	12%	54,65 seg
TAPADO (10 und)	31,83seg	12%	35,64seg
MARCADO (10 und)	9,79seg	14%	11,16seg

En la última tabla de los tiempos estándar para 600 mL (cuadro 14), se nota un tiempo improductivo más grande que los anteriores, 19,01 segundos, el cual es una cantidad muy grande, el tiempo de ciclo para 10 unidades es de 54,65 segundos.

Durante el análisis individual de las diferentes presentaciones de los productos fabricados en Naprolab, se evidenció un incremento en el tiempo improductivo a medida que aumentaba el volumen a envasar, al demorar un poco más el envasado del producto, la operación de tapado mantenía un rango de tiempo que no varía tanto como el tiempo de llenado; para equilibrar la línea en las presentaciones de 500 y 600 mL principalmente, se debe evaluar la posibilidad de manejar una llenadora de 2 boquillas que permita en el mismo tiempo que demora actualmente llenar 20 unidades o aumentar en un 35% la velocidad de la máquina para igualar los tiempos de llenados y de tapado.

El anterior estudio acompañado de la distribución de planta, permite optimizar el proceso aprovechando menores recursos y obteniendo como mínimo los mismos resultados, en este caso se disminuye la cantidad de operarios necesarios para llevar a cabo la operación realizando una inversión relativamente pequeña para los beneficios que traerá a mediano plazo, además se dispone de un operario para realizar otras tareas, el estudio de tiempos permitió determinar los tiempos reales requeridos para cada operación y a la misma vez los tiempos improductivos de los operarios. Con los cambios y los estudios, la productividad dentro de la planta de producción de Naprolab S.A se verá reflejada en mayor cantidad de unidades en un intervalo de tiempo, como también en función de recursos, porque se utilizaran menos recursos humanos para alcanzar a lo menos los mismos resultados, de los tres operarios necesarios para realizar la operación completa (envasado-tapado-marcado), solo se necesitan dos, lo que equivale para la compañía \$ 9.600.000 al año (\$800.000/mes), además el aumento de la productividad se debe medir con indicadores que permitan evidenciar un mejoramiento continuo e incremento en las unidades envasadas en las líneas.

7.3.1 Indicadores. Para evaluar el mejoramiento de las líneas posterior al estudio de métodos y tiempos.

7.3.1.1 Índice de productividad por turno. Con este indicador se puede hacer un paralelo con el método antiguo, comparar el comportamiento del nuevo método, analizar el incremento porcentual y evaluar el comportamiento de este indicador con respecto al tiempo, porque al ser un nuevo método, tendrá una curva de aprendizaje donde los operarios tendrán diferentes condiciones de trabajo, en la que cambia una mesa estática por una banda transportadora.

$$Indice = \frac{Litros \text{ _ envasados}}{Turno}$$

Con el anterior indicador se puede hacer un seguimiento a las operaciones y determinar el incremento porcentual de la productividad, tanto en unidades como en litros. Primero se debe hallar el volumen calculado para una unidad agregada (hace referencia a la unidad que permite unificar todos los volúmenes en uno equivalente, teniendo en cuenta el porcentaje de participación en las líneas).

Cuadro 15. Volumen calculado para 1 unidad agregada

PRESENTACIÓN	% PARTICIPACION	VOLUMEN PONDERADO (mL)
100 mL	9 %	9
200 mL	27 %	54
300 mL	33 %	99
500 mL	19 %	95
600 mL	12 %	92
TOTAL	100	349 mL

Fuente: Dpto. producción Naprolab S.A.

La información cuadro 15 dice que una unidad agregada tiene un volumen ponderado de 349 mL, es decir este es valor que se tomara para el análisis correspondiente al índice de productividad por turno.

Cuadro 16. Índice de productividad por turno 2011

MES	PRODUCCION (UNIDAD AGREGADA)	VOLUMEN PONDERADO (mL) (UNIDAD AGREGADA)	VOLUMEN TOTAL (mL)	No. TURNOS MENSUALES	VOLUMEN ENVASADO POR TURNO (mL/turno)
ENERO	13800	349	4.816.200	12	401.350
FEBRERO	21400	349	7.468.600	24	311.192
MARZO	26800	349	9.353.200	24	389.717
ABRIL	27300	349	9.527.700	24	396.988
MAYO	27500	349	9.597.500	24	399.896
JUNIO	29600	349	10.330.400	24	430.433
JULIO	22700	349	7.922.300	24	330.096
AGOSTO	21900	349	7.643.100	24	318.463
SEPTIEMBRE	20400	349	7.119.600	24	296.650
OCTUBRE	24000	349	8.376.000	24	349.000
NOVIEMBRE	28600	349	9.981.400	24	415.892
DICIEMBRE	30200	349	10.539.800	24	439.158
TOTAL	294200	4188	102.675.800	276	4.478.833

Fuente: Dpto. producción Naprolab S.A.

El cuadro 16 muestra los índices de productividad promedio de los turnos (en volumen) durante los diferentes meses del año, se parte de que el mes tiene 4 semanas y se trabajan 6 días a la semana para un total de 24 turnos/mes, la tabla también permite analizar que el comportamiento de mitad y fin de año (junio-noviembre-diciembre) es cuando se presenta la mayor productividad.

Ahora se realiza el análisis proyectado del indicador para el año 2012 con un estimado de un 15,8% en incremento de la productividad con respecto al 2011(tabla 15). Se toma este valor estimado como resultado del pronóstico realizado, además en los últimos tres (3) años la compañía ha tenido un crecimiento promedio del 17%, según el departamento comercial de la compañía.

Actualmente la compañía posee una capacidad de producción de 38.400 unidades por turno, dada por las dos líneas de envasado, cada una de las maquinas llenadoras tiene una capacidad máxima de envasado de 40 unidades/minuto; pero si se tiene en cuenta los tiempos de alistamiento, desinfección, desayuno y demás tiempos no productivos, obteniendo como tiempo disponible de trabajo real 5,6 hrs (70% de la duración del turno); por motivos de control en proceso y variación en el volumen de producto dispensado por las

máquinas, estas se trabajan como máximo a 30 unidades/minuto dependiendo la presentación, el resultado definitivo proyecta una capacidad de Pn. real de 10.080 unidades/turno y 241.920 unidades/mes¹⁴, esta capacidad hace que la empresa pueda responder de manera adecuada al aumento de la demanda y por ende de la producción.

Cuadro 17. Índice de productividad por turno 2012

MES	PRODUCCION PRONOSTICADA (UNIDAD AGREGADA)	VOLUMEN PONDERADO (mL) (UNIDAD AGREGADA)	VOLUMEN TOTAL (mL)	No. TURNOS MENSUALES	VOLUMEN ENVASADO POR TURNO (mL/turno)
ENERO	18814	349	6.566.086	12	547.174
FEBRERO	25219	349	8.801.431	24	366.726
MARZO	30288	349	10.570.512	24	440.438
ABRIL	30811	349	10.753.039	24	448.043
MAYO	31377	349	10.950.573	24	456.274
JUNIO	32671	349	11.402.179	24	475.091
JULIO	26136	349	9.121.464	24	380.061
AGOSTO	26276	349	9.170.324	24	382.097
SEPTIEMBRE	25407	349	8.867.043	24	369.460
OCTUBRE	28520	349	9.953.480	24	414.728
NOVIEMBRE	31577	349	11.020.373	24	459.182
DICIEMBRE	33706	349	11.763.394	24	490.141
TOTAL	340802	4188	118.939.898	276	5.229.416

Fuente: Dpto. producción Naprolab S.A.

El 2012 frente al 2011 tendría un estimado de crecimiento del 15,8% en la productividad de las líneas de envasado (pronóstico por suavizamiento exponencial triple, ver Anexo C) gracias al método propuesto y al constante crecimiento de la demanda, se logra tener una cifra que oscila en los 475.000 ml envasados por turno en el fin de año (noviembre-diciembre); este es un buen indicador para analizar el crecimiento productivo y estimar el comportamiento del indicador a través del tiempo.

¹⁴El resultado obtenido se calcula sin cambios en la presentación, sin interrupciones y sin cambiar de producto.

7.3.1.2 Eficiencia minutos pagados Vs. minutos producidos. Antes de calcular la eficiencia de la línea, se debe hallar el tiempo estándar ponderado para una unidad agregada, de esta manera se pueden sumar las unidades de las diferentes referencias en una unidad en común (o unidad agregada), el proceso se inicia identificando el porcentaje de participación de cada una de las referencias en las líneas de envasado de Naprolab, posteriormente, este porcentaje se multiplica por su respectivo tiempo estándar para de esta manera hallar el tiempo estándar ponderado, que no es más que la cantidad de tiempo que equivale el porcentaje de participación, la suma de los tiempos ponderados es el tiempo estándar de una unidad agregada, también se debe hacer la sumatoria de las unidades producidas en el año y multiplicarlo por el tiempo estándar ponderado calculado anteriormente, de esta manera se puede hallar la eficiencia y cuantificar esta información en una tabla.

Cuadro 18. Tiempo estándar calculado para 1 unidad agregada

PRESENTACION (mL)	% PARTICIPACION	TIEMPO ESTANDAR (seg)(10 und)	TIEMPO ESTANDAR PONDERADO (seg)
100	9%	55,77	5,0193
200	27%	71	19,17
300	33%	88,66	29,2578
500	19%	77,43	14,7117
600	12%	101,51	12,1812
TOTAL	100%	394,37	80,34

El cuadro 18 muestra el porcentaje de participación de cada una de las presentaciones en las líneas de envasado, la columna “TIEMPO ESTANDAR (seg)(10 und)” es la suma de los tiempos estándar de las operaciones y por ultimo un tiempo estándar ponderado que es producto de la participación por el tiempo estándar respectivo, el resultado obtenido (80,34 segundos o 1,339 minutos) es el tiempo estándar para una unidad agregada.

Cuadro 19. Eficiencia de la línea (minutos producidos vs minutos pagados) con método actual

AÑO 2011 MES	PRODUCCION (und agreg)	TIEMPO ESTANDAR PONDERADO (min)	MINUTOS PRODUCIDOS	MINUTOS PAGADOS	EFICIENCIA
ENERO	13800	1,339	18478	21600	85,55%
FEBRERO	21400	1,339	28655	43200	66,33%
MARZO	26800	1,339	35885	43200	83,07%
ABRIL	27300	1,339	36555	43200	84,62%
MAYO	27500	1,339	36823	43200	85,24%
JUNIO	29600	1,339	39634	43200	91,75%
JULIO	22700	1,339	30395	43200	70,36%
AGOSTO	21900	1,339	29324	43200	67,88%
SEPTIEMBRE	20400	1,339	27316	43200	63,23%
OCTUBRE	24000	1,339	32136	43200	74,39%
NOVIEMBRE	28600	1,339	38295	43200	88,65%
DICIEMBRE	30200	1,339	40438	43200	93,61%

Fuente: Históricos Dpto. producción Naprolab S.A

En el cuadro 19, se ilustra la eficiencia actual de la línea, tomando como referencia los minutos pagados vs los minutos trabajados, el resultado es que todas las líneas tiene una eficiencia inferior al 100%, la tabla está conformada con la información del método actual, que consiste en tres (3) trabajadores que laboran en un turno normal de 8 horas diarias y seis días a la semana para un total de 48 horas semanales.

En los meses de producción más alta (junio-noviembre-diciembre), el ritmo de trabajo aumenta, alcanzando una eficiencia cercana al 100% y de esta manera satisfacer la demanda del mercado, sin la necesidad de incluir operarios extras.

Cuadro 20. Estimado de eficiencia de la línea (minutos producidos vs minutos pagados) con método propuesto

AÑO 2012 MES	PRODUCCION (und agreg)	TIEMPO ESTANDAR PONDERADO (min)	MINUTOS PRODUCIDOS	MINUTOS PAGADOS	EFICIENCIA
ENERO	13800	1,339	18478	14400	128,32%
FEBRERO	21400	1,339	28655	28800	99,50%
MARZO	26800	1,339	35885	28800	124,60%
ABRIL	27300	1,339	36555	28800	126,93%
MAYO	27500	1,339	36823	28800	127,86%
JUNIO	29600	1,339	39634	28800	137,62%
JULIO	22700	1,339	30395	28800	105,54%
AGOSTO	21900	1,339	29324	28800	101,82%
SEPTIEMBRE	20400	1,339	27316	28800	94,85%
OCTUBRE	24000	1,339	32136	28800	111,58%
NOVIEMBRE	28600	1,339	38295	28800	132,97%
DICIEMBRE	30200	1,339	40438	28800	140,41%

El cuadro 20 ilustra un escenario en el que con el método mejorado, el cual dispone únicamente de dos trabajadores y produciendo la misma cantidad mensualmente, la compañía aumenta la eficiencia en las líneas significativamente, alcanzando en promedio el 119,33% de eficiencia en las líneas, este indicador señala que el método propuesto es eficiente, manteniendo la misma producción.

El objetivo del proyecto es aumentar la productividad de las líneas, por esta razón se realizó el cambio en la distribución y se definió un método distinto al que se viene trabajando actualmente; estimando que con estos cambios la productividad en las líneas aumente un 20% (según la opinión de los expertos de la compañía al aprobar el cambio propuesto), sin embargo, se analizará como será el comportamiento de la eficiencia frente al crecimiento pronosticado en el suavizamiento exponencial triple.

Cuadro 21. Estimado de eficiencia de la línea (minutos producidos vs minutos pagados) con método propuesto y aumento de producción de 15.8%

MES	PRONOSTICO PRODUCCION (und agreg.)	TIEMPO ESTANDAR PONDERADO (min)	MINUTOS PRODUCIDOS	MINUTOS PAGADOS	EFICIENCIA
ENERO	18814	1,339	25192	14400	174,94%
FEBRERO	25219	1,339	33768	28800	117,25%
MARZO	30288	1,339	40556	28800	140,82%
ABRIL	30811	1,339	41256	28800	143,25%
MAYO	31377	1,339	42014	28800	145,88%
JUNIO	32671	1,339	43746	28800	151,90%
JULIO	26136	1,339	34996	28800	121,51%
AGOSTO	26276	1,339	35184	28800	122,17%
SEPTIEMBRE	25407	1,339	34020	28800	118,12%
OCTUBRE	28520	1,339	38188	28800	132,60%
NOVIEMBRE	31577	1,339	42282	28800	146,81%
DICIEMBRE	33706	1,339	45132	28800	156,71%

El incremento de eficiencia mostrado en las líneas de envasado con un aumento de productividad de 15,8% (cuadro 21), es casi un 50% mayor a la productividad obtenida con el método actual, este es buen indicador para llevar a cabo el proyecto y para hacer un seguimiento y evaluar el mejoramiento continuo de la línea de envasado.

A continuación se realiza la evaluación económica del proyecto, tomando como referencia la producción mensual (en unidades agregadas) y el costo de la mano de obra de la línea; para hacer más claro el análisis, se representan tres (3) escenarios.

Escenario 1: se evalúa la producción de la línea en el 2011 y se hace paralelo con el costo de la Mano de Obra involucrada con el proceso actual (3 operarios), además se tiene como valor promedio del salario de los operarios \$800.000 / mes, según el Dpto. de producción de Naprolab.

Escenario 2. Se hace un supuesto de producción para el año 2012 con los mismos datos de producción de 2011 y se compara con el costo de la mano con el método propuesto, también se mantienen los mismos valores en los salarios de los

operarios. Se puede decir que es un escenario negativo ya que el supuesto dice que la producción no aumenta.

Escenario 3: se estima una producción incrementando en un 15,8% todos los meses y se mantienen los 2 operarios del método propuesto por un salario igual al de los dos escenarios anteriores. Este es un escenario positivo en el que se hace un pronóstico del 15,8% en aumento de la producción por línea. A continuación se ilustra la información en la cuadro 22.

Cuadro 22. Evaluación económica de proyecto por escenarios.

	ESCENARIO 1 (2011)		ESCENARIO 2 (2012)		ESCENARIO 3 (2012) + 15,8%	
	PRODUCCIÓN/MES	COSTO M.O/MES	PRONOSTICO Pn/MES	COSTO M.O/MES	PRONOSTICO Pn/MES	COSTO M.O/MES
ENERO	13800	\$ 2.400.000,00	13800	\$ 1.600.000,00	18814	\$ 1.600.000,00
FEBRERO	21400	\$ 2.400.000,00	21400	\$ 1.600.000,00	25219	\$ 1.600.000,00
MARZO	26800	\$ 2.400.000,00	26800	\$ 1.600.000,00	30288	\$ 1.600.000,00
ABRIL	27300	\$ 2.400.000,00	27300	\$ 1.600.000,00	30811	\$ 1.600.000,00
MAYO	27500	\$ 2.400.000,00	27500	\$ 1.600.000,00	31377	\$ 1.600.000,00
JUNIO	29600	\$ 2.400.000,00	29600	\$ 1.600.000,00	32671	\$ 1.600.000,00
JULIO	22700	\$ 2.400.000,00	22700	\$ 1.600.000,00	26136	\$ 1.600.000,00
AGOSTO	21900	\$ 2.400.000,00	21900	\$ 1.600.000,00	26276	\$ 1.600.000,00
SEPTIEMBRE	20400	\$ 2.400.000,00	20400	\$ 1.600.000,00	25407	\$ 1.600.000,00
OCTUBRE	24000	\$ 2.400.000,00	24000	\$ 1.600.000,00	28520	\$ 1.600.000,00
NOVIEMBRE	28600	\$ 2.400.000,00	28600	\$ 1.600.000,00	31577	\$ 1.600.000,00
DICIEMBRE	30200	\$ 2.400.000,00	30200	\$ 1.600.000,00	33706	\$ 1.600.000,00
TOTAL	294200	\$ 28.800.000,00	294200	\$ 19.200.000,00	340802	\$ 19.200.000,00

Fuente: Dpto. producción Naprolab S.A.

Analizando el cuadro 22, se evidencia que el “escenario 1” es el menos productivo ya que la producción anual por línea es de 294.200 unidad (agregada), con un costo de mano de obra de \$28.800.000, mientras que el “escenario 2” tiene la misma productividad (294.200 unidad) pero a un costo más bajo (\$ 19.200.000), el costo de la mano de obra es \$9.600.000 más económico al escenario 1, este dinero es parte de la contribución del proyecto, por otro lado está el escenario 3, que tiene el mismo costo de mano de obra del escenario 2, pero con la salvedad que la productividad es mayor en un 15,8%, lo que equivale a 46.602 unidades adicionales al año, que multiplicándolos por un precio de venta promedio de \$7.000 representaría para la compañía un ingreso de \$326.214.000 en un año, gran parte de este dinero está destinado al costo del producto, gastos

administrativos, gastos de ventas, entre otros. Obteniendo como resultado una utilidad neta del 12% que es equivalente a \$39.145.680 en el año, cantidad de dinero suficiente para justificar el desarrollo del proyecto.

8. CONCLUSIONES

Con el desarrollo del proyecto en Naprolab S.A, se puede llegar a la conclusión de que en los procesos siempre hay oportunidades de mejorar y que el punto de vista externo, siempre es diferente al punto de vista desde interior, es por esta razón que las personas ajenas a las actividades identifican con mayor facilidad los puntos débiles y los aspectos a mejorar para hacer más eficiente el proceso y generar mayor valor a la operación.

Los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto evidencian sin lugar a dudas el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Se estima un aumento como mínimo del 15,8% del rendimiento de las líneas de envasado en la planta de producción de Naprolab S.A. ya que se realizó un estudio de métodos y tiempos y el diseño de planta para permitir que la compañía sea más productiva y por ende más competitiva en el mercado; el análisis realizado indica que la empresa podría obtener una utilidad de \$39.145.680 en el año con dicho aumento de productividad. Sin lugar a dudas los cambios propuestos permiten incrementar la eficiencia de las líneas de envasado como se demuestra en el documento (comportamiento del indicador Minutos Producidos Vs. Minutos pagados)

Se implementó un estudio de métodos y tiempos que permitió analizar y mejorar las operaciones en el proceso de envasado: se realizó el estudio y se propuso un mejor método que involucró la reubicación de los equipos, reduciendo en un 33% el recurso necesario (recurso humano) y haciendo más eficiente el proceso disminuyendo de tres a dos operaciones (llenado y tapado), el operario restante se reubicaría en otra área.

Se identificaron e implementaron flujos adecuados dentro de la planta productiva de Naprolab S.A. logrando crear rutas de flujo de materiales y rutas de producto final para entregar a bodega, de esta manera los desplazamientos son eficientes y por ende permite acrecentar la productividad. Como resultado de las mejoras sugeridas, la empresa ha iniciado un plan de implementación en las cuales ya se

han determinado las rutas de flujo de materiales y producto final; eliminando contra-flujos en los pasillos de la planta. La empresa es consciente de la importancia del proyecto se encuentra gestionando un préstamo bancario para la adquisición de una nueva máquina llenadora y una maquina Injet para adecuarla como se expuso durante el desarrollo el proyecto y de esta manera renovar paulatinamente la maquinaria de las líneas de envasado; se tiene previsto adquirir las maquinas en el primer trimestre del 2012.

Se propusieron dos indicadores, el primero índice de productividad por turno en el cual se estima tendrá un incremento del 15,8% para el año 2012, y el segundo eficiencia minutos pagados vs minutos producidos, en el cual se obtienen resultados de casi un 50% mayores a la productividad actual, esto debido a la disminución de los operarios necesarios para el proceso y al aumento del índice de productividad, estos indicadores también permiten evidenciar el mejoramiento continuo en la planta de producción de Naprolab S.A. y de esta manera llevar registro del incremento en la productividad mes a mes, así como facilitar el análisis de rendimiento de las líneas de envasado.

En el proceso de análisis de métodos se evidenció cierta dificultad al cambio por parte de los operarios, la monotonía del proceso y la costumbre de realizar las mismas operaciones de igual forma durante mucho tiempo, hacen que de cierta manera las personas se sesguen y no vean otras posibilidades de llevar a cabo sus tareas, es por ello, que el ingeniero industrial juega un papel tan importante en las pequeñas, medianas y grandes empresas, aportando mejores métodos de trabajo pensando en el bienestar del trabajador y enfocado a excelentes resultados.

El estudio de métodos reduce la cantidad de trabajo, eliminando movimientos innecesarios del material o de los operarios, sustituyendo métodos malos por buenos. es por ello que se puede decir que se realizó un buen trabajo en el desarrollo del estudio de métodos. La medición del trabajo investiga, reduce y finalmente elimina el tiempo improductivo, es decir tiempo durante el cual no se ejecuta trabajo productivo por cualquier causa, es por ello que se procedió a realizar toma de tiempo a las operaciones, para así poder hallar el tiempo de ciclo y el cuello de botella del proceso.

Al haber una total ausencia de estudio de métodos y toma de tiempos, los operarios tendían a ver el cronómetro como un enemigo, donde el que realice la operación más lento no sirve en el proceso, este se convierte en un error para ellos, porque al ver el cronómetro muchos de los operarios querían realizar sus labores de una manera vertiginosa fatigándose rápidamente y disminuyendo el rendimiento al ir finalizando la jornada.

9. RECOMENDACIONES

Llevar a cabo estudios de métodos y de tiempos no compete solo a la parte productiva, estos estudios se pueden llevar a cabo en otras áreas para mejorar los procesos, los diseños de planta y distribuciones de las mismas deben ser analizadas, por ejemplo en la bodega de despachos, donde se puede hacer una distribución ABC para hacer que el flujo de pedidos sea más ágil, los recorridos disminuyan y la empresa siga mejorando cada día sus procesos y estos se vean reflejados en resultados satisfactorios para todos.

El máximo aprovechamiento de los recursos es vital para el crecimiento de las compañías, por lo tanto se debe chequear constantemente los recursos que se utilizan en los procesos, de esta manera se puede identificar los mejores y diferentes usos de los recursos como maquinarias y equipos, por el lado de los recursos humanos, se debe conocer las aptitudes y capacidades de cada uno de los trabajadores, para así mismo explotar sus virtudes y hacer más cómodo y fácil el trabajo de cada una de las personas.

El apoyo de los directivos es fundamental para desarrollar un buen proyecto de mejoramiento dentro de una compañía, se debe destinar el apoyo, tiempo y recursos necesarios para llevar a cabo un análisis efectivo que permita observar las oportunidades de mejoramiento y generar una serie de acciones correctivas y preventivas que permitan un mejoramiento continuo en los procesos o métodos analizados.

La compañía debe mantener las puertas a posibles pasantes que quieran desarrollar un proyecto en una empresa del sector manufacturero, esto es bueno tanto para la empresa como para el estudiante, ya que el desarrollo de un proyecto de este tipo beneficia a la compañía en términos de mejoramiento en el funcionamiento interno, como también enriquece al estudiante intelectualmente, adquiere experiencia y permite que se enfrente al mundo real fuera del aula de clase.

Por último, la compañía debe considerar como proyecto a corto o mediano plazo la adquisición de maquinaria de mayor tecnología a la existente, de esta manera se automatiza más la planta y se podrán producir muchas más unidades a las que actualmente se producen, además el crecimiento en ventas año tras año exigirá esta inversión.

BIBLIOGRAFIA

- CARBALLAL DEL RIO, Esperanza. Productividad: Conceptos Modernos de Productividad. [en línea]. Cuba: EL prisma, 2006 [citado en 30 de septiembre 2010]. Disponible en http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/productividadconceptos.
- CARDONA LONDOÑO, Luz Natalia y SANZ, Juan Diego. Proyecto propuesta de mejora de métodos y determinación de los tiempos estándar de producción en la empresa G&L INGENIEROS LTDA. Trabajo de Grado Tecnología Industrial. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira, Programa de Tecnología Industrial. 2007. 102p.
- GARCÍA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y estudio del trabajo. 2 ed. México: McGraw-Hill, 2005. 459 p. ISBN 9701046579
- GUILLÉN VALLADARES, Oscar Enrique. Análisis y mejoramiento del proceso de llenado, del sistema de envasado de la fábrica de cloro Kaframi s.a. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Guatemala.: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2006. 133p.
- HEIZER, Jay y RENDER, Barry. Principios de administración de operaciones. Operaciones y productividad. 5 ed. México: Pearson educación, 2004. 704p. ISBN 970-26-0525-3.
- HORVITZ, Alex. La formula coreana para mejorar la productividad según Alex Horvitz. [en línea]. Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, oct, 2009 [citado 30 de septiembre 2010]. Disponible en: <http://asiapacifico.bcn.cl/noticias/como-mejorar-productividad-en-chile/?searchterm=alex%20horvitz>

- MONROY ÁLZATE, Fernando Beethoven. Plan de mejoramiento continuo para productos retornables (vidrio) línea de envasado # 1 en coca-cola femsa. Pasantía institucional Ingeniería Industrial. Cali.: Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, 2009. 82p
- MUÑOZ CABANILLAS, Martin. Diseño de distribución en planta de una empresa textil. Tesis Ingeniería Industrial. Lima.: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería. 2004. 137p
- NIEBEL, Benjamín y FREIVALDS Andris. Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Diseño del trabajo manual. 10 ed. México: Alfaomega, 2001. 728p. ISBN 970-15-0597-2.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Introducción al estudio del trabajo. Estudio de métodos. 4 ed. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo (OIT), 1996. 522 p. ISBN 92-2-307108-9
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (SEDE MANIZALES). Taller Ingeniería de Métodos: Distribuciones de Planta (LAYOUT) [en línea]. [Manizales, Colombia]: Dirección Nacional de Servicios Académicos Virtuales, [citado en 16 noviembre de 2010]. Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/taxonomia/layout.htm#arriba>

ANEXOS

ANEXO A. TABLA DE SUPLEMENTOS

Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES

Hombres Mujeres

A. Suplemento por necesidades

Personales 5 7

B. Suplemento base por fatiga 4 4

2. SUPLEMENTOS VARIABLES

Hombres Mujeres

A. Suplemento por trabajar de pie 2 4

B. Suplemento por postura anormal

Ligeramente incómoda 0 1

incómoda (inclinado) 2 3

Muy incómoda (echado, estirado) 7 7

C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)

Peso levantado [kg]

2,5 0 1

5 1 2

10 3 4

25 920 máx

35,5 22 ---

D. Mala iluminación

Ligeramente por debajo de la potencia calculada 0 0

Bastante por debajo 2 2

Absolutamente insuficiente 5 5

E. Condiciones atmosféricas

Índice de enfriamiento Kata

16 0

8 10

4 45

2 100

F. Concentración intensa

Trabajos de cierta precisión 0 0

Trabajos precisos o fatigosos 2 2

Trabajos de gran precisión o muy fatigosos 5 5

G. Ruido

Continuo 0 0

Intermitente y fuerte 2 2

Intermitente y muy fuerte

Estridente y fuerte 5 5

H. Tensión mental

Proceso bastante complejo 1 1

Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos 4 4

Muy complejo 8 8

I. Monotonía

Trabajo algo monótono 0 0

Trabajo bastante monótono 1 1

Trabajo muy monótono 4 4

J. Tedio

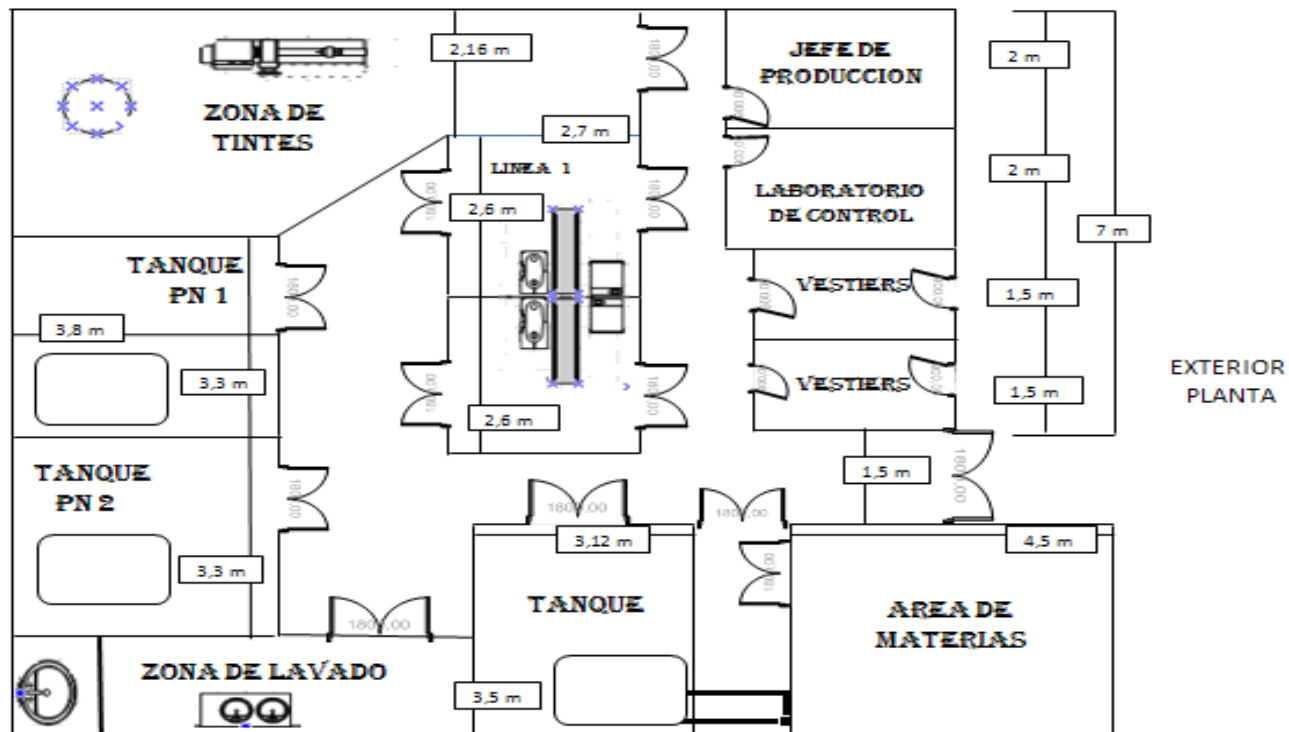
Trabajo algo aburrido 0 0

Trabajo bastante aburrido 2 1

Trabajo muy aburrido 5 2

Fuente Introducción al estudio del trabajo, OIT

ANEXO B. PLANO DE DISTRIBUCION DE PLANTA PROPUESTO DE NAPROLAB S.A.



Nombre:	Víctor Andrés Erazo	Escala:	1 : 100	Fecha:	30 Nov de 2011
---------	---------------------	---------	---------	--------	----------------

**ANEXO C. PRONÓSTICO DE PRODUCCION POR SUAVIZAMIENTO
EXPONENCIAL TRIPLE PARA EL AÑO 2012**

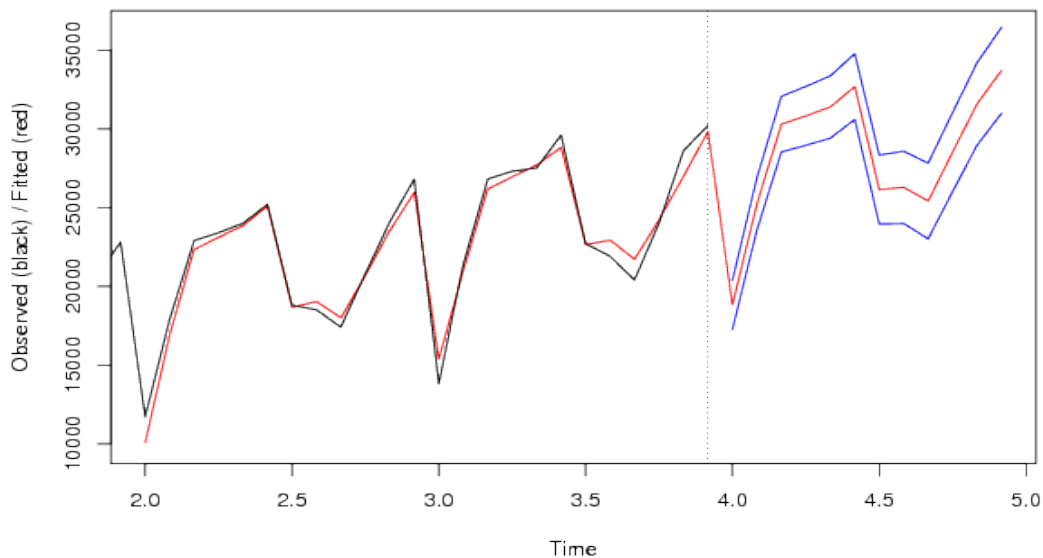
MES	PRODUCCION REAL 2009	PRODUCCION REAL 2010	PRODUCCION REAL 2011	PRONOSTICO PRODUCCION 2012
Enero	9800	11700	13800	18814
Febrero	15300	17900	21400	25219
Marzo	19700	22900	26800	30288
Abril	19800	23400	27300	30811
Mayo	20600	24000	27500	31377
Junio	21900	25200	29600	32671
Julio	15600	18800	22700	26136
Agosto	15800	18500	21900	26276
Septiembre	14900	17400	20400	25407
Octubre	17800	20800	24000	28520
Noviembre	20600	24100	28600	31577
Diciembre	22800	26800	30200	33706
TOTAL	214600	251500	294200	340802

Fuente: Históricos de producción de Naprolab S.A

Las previsiones de extrapolación de suavización exponencial			
t	Pronóstico	95% límite inferior	95% Límite superior
37	18813,5544	17257,47431	20369,63449
38	25219,15324	23557,90128	26880,4052
39	30288,27153	28521,96928	32054,57377
40	30810,9614	28939,52992	32682,39288
41	31377,39369	29400,59616	33.354,19121
42	32.671,49543	30588,96918	34.754,02167
43	26136,23429	23947,51524	28324,95334
44	26275,73236	23980,27405	28571,19066
45	25406,6484	23003,83698	27809,45983
46	28.520,3117	26009,4778	31031,14556
47	31576,89892	28957,32742	34.196,47041
48	33705,85207	30976,78982	36434,91432

GRAFICAS DE TENDENCIA DE PRODUCCION (ENERO A DICIEMBRE)

Extrapolation Fit of Exponential Smoothing



Fuente: Wessa, P. (2012), Free Statistics Software, Office for Research Development and education, version 1.1.23-r7, URL <http://www.wessa.net>